

JP2005236626

PUB DATE: 2005-09-02

APPLICANT : NTT DOCOMO INC + (NTT DOCOMO INC)

HAS ATTACHED HERETO CORRESPONDING ENGLISH LANGUAGE EQUIVALENT:

US20050190822

PUB DATE: 2005-09-01

APPLICANT: NTT DOCOMO INC + (NTT DOCOMO INC)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-236626

(43)Date of publication of application : 02.09.2005

(51)Int.Cl. H04B 7/015

H04B 7/15

H04B 7/26

H04J 11/00

H04J 15/00

(21)Application number : 2004-042789

(71)Applicant : NTT DOCOMO INC

(22)Date of filing : 19.02.2004

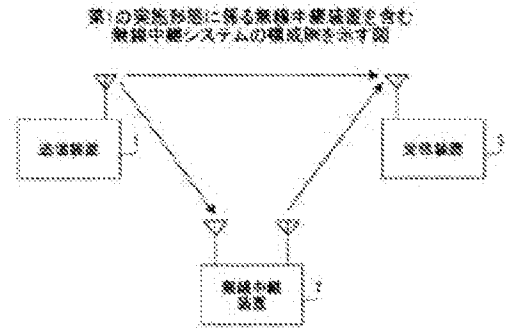
(72)Inventor : FUJII HIROTADA
SUDA HIROTO
TANAKA SATORU

(54) RADIO RELAY SYSTEM, RADIO RELAY APPARATUS, AND RADIO RELAY METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a radio relay system capable of highly precisely avoiding oscillation caused by sneaking when a signal is relayed with identical frequency.

SOLUTION: In the radio relay system for sending a radio signal from a first radio station to a second radio station via the radio relay apparatus, the radio relay apparatus comprises a relay control means for receiving a symbol sent by the first radio station and not relaying a part of the received symbol; a pilot signal transmission means for inserting the pilot signal in a part of section of the symbol to transmit it; a sneak wave estimation means for estimating a sneak wave on the basis of the pilot signal; and a sneak wave cancel means for canceling the sneak wave by subtracting the signal of the sneak wave estimated from a reception signal by the sneak wave estimation means.



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-236626

(P2005-236626A)

(43) 公開日 平成17年9月2日(2005.9.2)

(51) Int.Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

H 0 4 B 7/015

H 0 4 B 7/015

5 K 0 2 2

H 0 4 B 7/15

H 0 4 J 11/00

Z

5 K 0 4 6

H 0 4 B 7/26

H 0 4 J 15/00

5 K 0 6 7

H 0 4 J 11/00

H 0 4 B 7/15

Z

5 K 0 7 2

H 0 4 J 15/00

H 0 4 B 7/26

A

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2004-42789 (P2004-42789)

(22) 出願日 平成16年2月19日 (2004.2.19)

(71) 出願人 392026693

株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ
東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

(72) 発明者 藤井 啓正

東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号
株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

(72) 発明者 須田 博人

東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号
株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

(72) 発明者 田中 哲

東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号
株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線中継システム、無線中継装置及び無線中継方法

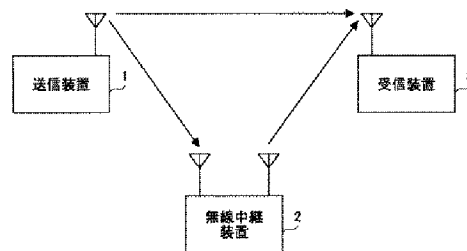
(57) 【要約】

【課題】 本発明の課題は、同一周波数で信号の中継を行う場合の回り込みによる発振を高精度に回避することのできる無線中継システムを提供することである。

【解決手段】 上記課題は、第1の無線局からの無線信号を無線中継装置により中継して第2の無線局に送信する無線中継システムにおいて、前記無線中継装置は、前記第1の無線局から送信されたシンボルを受信し、受信したシンボルの一部の中継を行わない中継制御手段と、前記シンボルの一部の区間にパイロット信号を挿入して送信するパイロット信号送信手段と、前記パイロット信号を受信し、該パイロット信号に基づいて回り込み波を推定する回り込み波推定手段と、受信信号から前記回り込み波推定手段より推定された回り込み波の信号を減算することにより回り込み波をキャンセルする回り込み波キャンセル手段と、を備えることを特徴とする無線中継システムにて達成される。

【選択図】 図1

第1の実施形態に係る無線中継装置を含む無線中継システムの構成例を示す図



【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の無線局からの無線信号を無線中継装置により中継して第2の無線局に送信する無線中継システムにおいて、

前記無線中継装置は、前記第1の無線局から送信されたシンボルを受信し、受信したシンボルの一部の的中継を行わない中継制御手段と、

前記シンボルの一部の区間にパイロット信号を挿入して送信するパイロット信号送信手段と、

前記パイロット信号を受信し、該パイロット信号に基づいて回り込み波を推定する回り込み波推定手段と、

受信信号から前記回り込み波推定手段より推定された回り込み波の信号を減算することにより回り込み波をキャンセルする回り込み波キャンセル手段と、
を備えることを特徴とする無線中継システム。

【請求項2】

請求項1に記載の無線中継システムにおいて、

前記第1の無線局は、送信シンボルの一部を前記無線中継装置宛の制御信号として送信する制御信号送信手段を備え、

前記無線中継装置は、前記制御信号の区間では、信号の中継を行わない中継禁止制御手段を備えることを特徴とする無線中継システム。

【請求項3】

請求項2に記載の無線中継システムにおいて、

前記制御信号送信手段は、送信シンボルの一部にヌル信号を挿入して前記無線中継装置に送信するフレームを生成するフレーム生成手段を備え、

前記中継禁止制御手段は、前記ヌル信号が挿入された区間では、信号の中継を行わない中継禁止手段を備えることを特徴とする無線中継システム。

【請求項4】

請求項1に記載の無線中継システムにおいて、

前記無線中継装置は、前記第1の無線局から送信されたシンボルを受信し、N（Nは1以上の整数）シンボル遅延させて信号の中継する遅延制御手段を備えることを特徴とする無線中継システム。

【請求項5】

請求項1に記載の無線中継システムにおいて、

OFDM伝送方式を用いて信号の中継する場合であって、

前記無線中継装置は、送信信号に対してIFFT処理を行うIFFT手段と、受信信号に対してFFT処理を行うFFT手段とを備え、

前記第1の無線局は、時間領域、周波数領域上の一部にヌル信号を挿入して前記無線中継装置に送信するフレームを生成するOFDMフレーム生成手段を備えることを特徴とする無線中継システム。

【請求項6】

請求項5に記載の無線中継システムにおいて、

前記OFDMフレーム生成手段は、前記ヌル信号を挿入するサブキャリア間隔を、

$$\text{ceil}(x) = \text{ceil}\{(FFT \text{ポイント数}) / (GI \text{ポイント数})\}$$

$\text{ceil}(x)$: x より大きい最小の整数値を返す数値関数

FFT : 高速フーリエ変換

GI : ガードインターバル

にしたがって算出することを特徴とする無線中継システム。

【請求項7】

請求項5に記載の無線中継システムにおいて、

前記第1の無線局は、ヌル信号の挿入区間に、パイロット信号を挿入して送信するパイ

ロット信号送信制御手段を備え、

前記無線中継装置は、前記パイロット信号を受信し、該パイロット信号に基づいてチャネルを推定するチャネル推定手段と、

前記チャネル推定結果に基づき、受信信号の振幅を制御して中継信号を送信する信号振幅制御手段とを備えることを特徴とする無線中継システム。

【請求項8】

請求項7に記載の無線中継システムにおいて、

前記信号振幅制御手段は、注水定理に基づいて、受信信号の振幅を制御することを特徴とする無線中継システム。

【請求項9】

請求項1乃至8いずれかに記載の無線中継システムにおいて、

前記第1の無線局、前記第2の無線局及び前記無線中継装置が各々複数のアンテナを備え、これら複数のアンテナを用いてMIMOチャネルが構成され、MIMOチャネル信号伝送時に請求項1乃至9いずれかに記載される手段と同様の手段が適用されることを特徴とする無線中継システム。

【請求項10】

第1の無線局と第2の無線局間で送受信される無線信号を中継する無線中継装置において、

前記第1の無線局から送信されたシンボルを受信し、受信したシンボルの一部の中継を行わない中継制御手段と、

前記シンボルの一部の区間にパイロット信号を挿入して送信するパイロット信号送信手段と、

前記パイロット信号を受信し、該パイロット信号に基づいて回り込み波を推定する回り込み波推定手段と、

受信信号から前記回り込み波推定手段より推定された回り込み波の信号を減算することにより回り込み波をキャンセルする回り込み波キャンセル手段と、
を備えることを特徴とする無線中継装置。

【請求項11】

第1の無線局と第2の無線局間で送受信される無線信号を中継する無線中継方法において、

前記第1の無線局から送信されたシンボルを受信し、受信したシンボルの一部の中継を行わないで、該シンボルの一部の区間にパイロット信号を挿入して送信し、

前記パイロット信号を受信し、該パイロット信号に基づいて回り込み波を推定し、

受信信号から前記推定された回り込み波の信号を減算することにより回り込み波をキャンセルすることを特徴とする無線中継方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、単一又は複数の無線中継装置を介して、送受信装置と無線通信する無線中継システム、無線中継装置及び無線中継方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、同一周波数帯を用いて、送信装置と受信装置間の中継を、無線中継装置（＝中継器）により行う方法が検討されているが、このような無線中継装置では、送信アンテナから受信アンテナへの回り込み波によって生じる発振の抑圧が重要となる。すなわち、発振が生じて特性が劣化することが大きな問題となる。

【0003】

また、これらの中継は、主に放送での方法として検討されているため、回り込み波の抑圧は比較的容易であった。しかし、移動通信システムのように、無線中継装置が通常の移動端末と同様の環境（鉄塔やビルの上ではなく）にあることを想定した場合、無線中継装置の移動や、周辺の環境の変化により、回り込み波のチャンネルの変動が大きくなる。した

がって、回り込み波の急激な変動にも高速に追従する高度な回り込み波のキャンセル技術が必要になる等の問題があった。

【0004】

そこで、このような問題を解決すべく従来の無線中継装置において回り込みをキャンセルする方法が種々提案されている。

【0005】

例えば、送信装置で挿入されたパイロット信号を使用して上記の回り込みをキャンセルする方法が提案されている（例えば、特許文献1及び特許文献2参照）。特許文献1記載の公報によれば、予め振幅および位相が既知のパイロット信号が挿入されていることに着目し、そのパイロット信号を用いて全信号帯域にわたる周波数特性を検出することによって誤差信号を求め、親局または他の中継局からの送信信号のマルチパス成分および回り込み波のレプリカ信号を生成し、そのレプリカ信号を受信信号から減算する構成とすることにより、多数の回り込み波が存在する伝搬環境や親局送信信号のマルチパス成分が存在する伝搬環境であっても、その両者の影響を除去することができる旨が記載されている。

【0006】

また、特許文献2記載の公報によれば、入力信号から回り込み信号の複製を減じる減算器と、回り込み信号の複製を生成するFIRフィルタと、減算器の出力からFIRフィルタの係数を生成するフィルタ係数生成部とを備え、フィルタ係数生成部では、データキャリアを硬判定し再変調したものをリファレンスとして伝送路特性を算出し、伝送路特性からキャンセル残差を算出し、これをIFFTした結果に基づきFIRフィルタの係数を更新する構成とすることにより、回り込みキャンセラにおいて追従性の向上とキャンセル可能な遅延時間の拡大とを両立させることが可能となる旨が記載されている。

【0007】

ここで、送信装置で挿入されたパイロット信号を使用して回り込みをキャンセルする方法を用いた場合の従来の無線中継装置の構成について説明する。

【0008】

図15は、従来の無線中継装置の構成を示す図である。同図に示されるように、この無線中継装置は、入力信号から回り込み信号の複製を減じる減算器201と、回り込み信号の複製を生成するFIRフィルタ202と、FIRフィルタの係数を生成する係数更新部203と、振幅と位相が既知であるパイロット信号を発生するパイロット信号生成部204と、増幅器205とから構成される。

【0009】

この従来の無線中継装置では、係数更新部203において、伝送路特性が求められ、その伝送路特性からキャンセル残差を算出し、FIRフィルタ202の係数を更新する。これにより、追従性の向上とキャンセル可能な遅延時間の拡大との両立を実現するというものである。

【0010】

また、上記した方法の他に、無線中継装置で中継する信号に対してパイロット信号（弱い電力で、比較的長いPN系列とする）を加算して回り込みを推定する方法（例えば、特許文献3参照）や無線中継装置からのパイロット信号を別周波数帯で送信し回り込み波を推定する方法（例えば、特許文献4参照）、中継を一時停止し、回り込み波を推定する方法（例えば、特許文献5参照）等が提案されている。

【特許文献1】特開2003-174392号公報

【特許文献2】特開2003-298548号公報

【特許文献3】特開2001-186073号公報

【特許文献4】特開平8-331016号公報

【特許文献5】特開2000-244382号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、上記した特開2003-174392号公報に開示された回り込みキャンセル方法では、受信機での雑音が大きくなるといった問題がある。

【0012】

また、特開2003-298548号公報に開示された回り込みキャンセル方法では、無線中継装置で弱く受信される信号ほど、強く増幅されて送信されるため、一部のサブキャリアの雑音電力を過度に増幅して送信する可能性が大きくなる。このため、回り込みによる発振を小さく抑えることが難しい。

【0013】

また、特開2001-186073号公報に開示された回り込みキャンセル方法では、本来伝送すべき信号に対して、擾乱を与えることで、受信装置での誤り率が高くなる可能性が大きくなるという問題が生じる。

【0014】

また、特開平8-331016号公報に開示された回り込みキャンセル方法では、チャネル推定値は使用される周波数に依存するため、回り込み波のチャネル推定制度が劣化するという問題に加え、回り込み波推定用の周波数帯域を用意しなければならない。

【0015】

また、特開2000-244382号公報に開示された回り込みキャンセル方法では、送信装置－受信装置間の通信が送信装置の予期しないタイミングで一時中断するという問題があった。

【0016】

本発明は、上記のような問題点に鑑みてなされたもので、同一周波数で信号の中継を行う場合の回り込みによる発振を高精度に回避することのできる無線中継システム、無線中継装置及び無線中継方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記課題を解決するため、本発明は、請求項1に記載されるように、第1の無線局からの無線信号を無線中継装置により中継して第2の無線局に送信する無線中継システムにおいて、前記無線中継装置は、前記第1の無線局から送信されたシンボルを受信し、受信したシンボルの一部の中継を行わない中継制御手段と、前記シンボルの一部の区間にパイロット信号を挿入して送信するパイロット信号送信手段と、前記パイロット信号を受信し、該パイロット信号に基づいて回り込み波を推定する回り込み波推定手段と、受信信号から前記回り込み波推定手段より推定された回り込み波の信号を減算することにより回り込み波をキャンセルする回り込み波キャンセル手段と、を備えることを特徴としている。

【0018】

また、本発明の請求項2によれば、前記無線中継システムにおいて、前記第1の無線局は、送信シンボルの一部を前記無線中継装置宛の制御信号として送信する制御信号送信手段を備え、前記無線中継装置は、前記制御信号の区間では、信号の中継を行わない中継禁止制御手段を備えることを特徴としている。

【0019】

また、本発明の請求項3によれば、前記無線中継システムにおいて、前記制御信号送信手段は、送信シンボルの一部にヌル信号を挿入して前記無線中継装置に送信するフレームを生成するフレーム生成手段を備え、前記中継禁止制御手段は、前記ヌル信号が挿入された区間では、信号の中継を行わない中継禁止手段を備えることを特徴としている。

【0020】

また、本発明の請求項4によれば、前記無線中継システムにおいて、前記無線中継装置は、前記第1の無線局から送信されたシンボルを受信し、N（Nは1以上の整数）シンボル遅延させて信号の中継する遅延制御手段を備えることを特徴としている。

【0021】

また、本発明の請求項5によれば、前記無線中継システムにおいて、フレームの先頭から、Nシンボル後にヌル信号が挿入されて前記無線中継装置に送信するフレームが生成さ

れることを特徴としている。

【0022】

また、本発明の請求項6によれば、前記無線中継システムにおいて、OFDM伝送方式を用いて信号を中継する場合であって、前記無線中継装置は、送信信号に対してIFFT処理を行うIFFT手段と、受信信号に対してFFT処理を行うFFT手段とを備え、前記第1の無線局は、時間領域、周波数領域上の一部にヌル信号を挿入して前記無線中継装置に送信するフレームを生成するOFDMフレーム生成手段を備えることを特徴としている。

【0023】

また、本発明の請求項7によれば、前記無線中継システムにおいて、前記OFDMフレーム生成手段は、前記ヌル信号を挿入するサブキャリア間隔を、

$$\text{ceil}(x) = \text{ceil}\{(FFT \text{ポイント数}) / (GI \text{ポイント数})\}$$

$\text{ceil}(x)$: x より大きい最小の整数値を返す数値関数

FFT : 高速フーリエ変換

GI : ガードインターバル

にしたがって算出することを特徴としている。

【0024】

また、本発明の請求項8によれば、前記無線中継システムにおいて、前記第1の無線局は、ヌル信号の挿入区間に、パイロット信号を挿入して送信するパイロット信号送信制御手段を備え、前記無線中継装置は、前記パイロット信号を受信し、該パイロット信号に基づいてチャネルを推定するチャネル推定手段と、前記チャネル推定結果に基づき、受信信号の振幅を制御して中継信号を送信する信号振幅制御手段とを備えることを特徴としている。

【0025】

また、本発明の請求項9によれば、前記無線中継システムにおいて、前記信号振幅制御手段は、注水定理に基づいて、受信信号の振幅を制御することを特徴としている。

【0026】

また、本発明の請求項10によれば、前記無線中継システムにおいて、前記第1の無線局、前記第2の無線局及び前記無線中継装置が各々複数のアンテナを備え、これら複数のアンテナを用いてMIMOチャネルが構成され、MIMOチャネル信号伝送時に請求項1乃至9いずれかに記載される手段と同様の手段が適用されることを特徴としている。

【発明の効果】

【0027】

本願発明によれば、パイロット挿入により回り込み波を抑圧し、かつパイロット挿入位置を送信側の無線局が送信するフレームに用意することで、データの中継漏れを防ぎつつ高品質なデータ中継を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0029】

(第1の実施形態)

第1の実施形態に係る無線中継装置を含む無線中継システムは、例えば、図1に示すように構成される。同図において、この無線中継システムは、送信装置1と、無線中継装置2と、受信装置3とから構成される。

【0030】

本実施形態では、送信装置1と受信装置3は、それぞれ移動通信システムにおける基地局(送信装置1)と移動局(受信装置3)の関係にあると仮定し、以下、説明を進める。

【0031】

受信装置3で受信される信号は、送信装置1から直接受信する信号と、無線中継装置2を介して受信する信号とがある。無線中継装置2は、送信装置1から送信された信号を、

一旦受信し、同一周波数で受信装置3に向けて再送信する。また、本実施形態における無線中継システムは、シングルキャリア伝送方式または、マルチキャリア伝送方式(例: OFDM伝送方式)により信号の中継が行われるものとする。

【0032】

図2は、図1に示す無線中継装置の構成例を示す図である。

【0033】

同図において、この無線中継装置は、受信アンテナ11と、受信部12と、減算器13と、FIRフィルタ14と、係数決定部15と、パイロット信号生成部16と、パイロット挿入タイミング検出部17と、スイッチ回路18と、増幅器19と、送信アンテナ20から構成される。

本実施形態では、図1に示す送信装置1においてヌル信号が送信フレームに挿入される。まず、このことについて、図3及び図4を参照して説明する。図3は、従来の送信装置の構成例と本発明による送信装置の構成例を示す図であり、図4は、本実施形態における送信フレーム構成例を示す図である。

【0034】

図3(a)に示すように、従来の送信装置は、情報ビットを入力し、データシンボルを生成するデータシンボル生成部21、既知のパイロット信号を生成するパイロット信号生成部22と、送信フレームを生成するフレーム生成部23から構成される。フレーム生成部23は、データシンボル生成部21から出力されるデータシンボルと、パイロット信号生成部22から出力されるパイロット信号を用いて送信フレームを構成する。このとき、データシンボルとパイロット信号は固定的に送信フレーム内に挿入される。

【0035】

これに対し、本発明による送信装置では、図3(b)に示されるように、従来の送信装置と基本的構成を同様にするが、フレーム生成部33でのフレーム生成処理が異なる。すなわち、本実施形態における送信装置のフレーム生成部33は、送信フレーム内にヌル信号を挿入し、そのヌル信号の挿入位置に関する情報を含むヌル信号位置信号をフレームに多重して送信する(図3(b)参照)。上記ヌル位置信号には、例えば、ヌル信号の数、あるいは時間、周波数方向のヌル信号の挿入間隔を示す情報が含まれる。

【0036】

図4は、上記のようにしてフレーム生成部33で生成される送信フレームの構成例を示す図である。同図に示すように、本実施形態では、フレーム生成部33は、Nシンボル区間(斜線部参照)ごとに、mシンボル(例えば、 $m=1$)のヌル信号(ヌルシンボル)を挿入する(白抜き部参照)。このヌル信号挿入区間には、パイロット信号が無線中継装置2で挿入されるが、その説明は後述する。

【0037】

本実施形態では、m個のヌルシンボルがNシンボル区間ごとに挿入される場合を例示したが、m個のヌルシンボルの値は、必要とする回り込み波の推定精度に応じて定めればよい。例えば、より高い回り込み波の推定精度が必要な場合は、mを大きな値に設定する。例えば、 $m>2$ に設定した場合、2つのパイロット信号から得られるチャネル推定値の平均と、各チャネル推定値の差分をとることで、チャネル推定精度を高めることができる。

【0038】

また、上記m個のヌルシンボルの値は、上記のような固定的に設定する形態に限らず、適応的に変更することも可能である。例えば、回り込み波の推定精度が悪い場合、受信装置3で受信電力が確保できていても、ビット誤り率が増えることから、受信装置3での受信電力とビット誤り率に応じて、m個のヌルシンボルを制御すればよい。この場合、送信装置1は、受信装置3から送られてくる受信電力とビット誤り率を表す情報に基づいて、m個のヌルシンボルの値を変更する。

【0039】

また、回り込み波の推定精度が悪い場合、回り込み波が無線中継装置2で受信されることになるので、受信した信号の受信波形と、所定時間前の無線中継装置2で受信された受

信号の時間波形との相関をとることで、回り込み波のチャネル推定精度の低下を検出することも可能である。

【0040】

一方で、上記Nはフレームサイズとしてもよいが、無線中継装置2の回り込み波の変動速度（無線中継装置、送信装置及び受信装置の移動速度（例：ドップラー周波数）に応じて回り込み波の変動速度が変動する場合の変動速度のことをいう）に応じて、設定することができる。その場合、例えば、 $N < (\text{フレームサイズ})$ とし、1フレーム内の複数箇所にm個のヌルシンボルを挿入するようにすればよい。

【0041】

一般に回り込み波の変動量は、ある時刻t1とt1+Δtの2つの時点での回り込み波のインパルス応答の差の大きさで示されるので、インパルス応答について前回の回り込み波のチャネル推定値との差分をとり、これらの2乗和を指標とすることにより、回り込み波の変動速度を検出することが可能である。

【0042】

したがって、無線中継装置2が、上記のようにして回り込み波の変動速度を検出し、検出結果を送信装置1に通知することで、上記Nの値を回り込み波の変動速度に応じて適応的に可変することができる。

【0043】

図2に戻り、無線中継装置2の動作を説明する。無線中継装置2は、送信装置1から送られてくる中継信号を、受信アンテナ11を介して受信部12で受信する。受信部12で受信された中継信号は、パイロット挿入タイミング検出部17に入力され、同部17においてヌル信号位置信号が抽出されてヌル信号の挿入位置が検出される。パイロット挿入タイミング検出部17は、検出されたヌル信号の挿入位置、すなわちヌル信号が挿入された区間では、受信信号の変わりに、パイロット信号生成部16で生成されるパイロット信号を送信するため、ヌル信号の挿入区間ではスイッチ回路18のスイッチb接点をONに切り替える制御を行う。

【0044】

パイロット信号生成部16では、振幅と位相が既知のパイロット信号が生成され、生成されたパイロット信号がヌル信号の挿入区間に挿入されて増幅器19に入力される。上記パイロット信号は、その後、増幅器19で所望の電力値まで増幅され、送信アンテナ20を介して送信される。

【0045】

また、係数決定部15は、上記動作と同時に、上記パイロット信号に対する受信信号により、周辺の環境の変化等により変動している回り込み波のチャネル（伝送路特性）を推定し、このチャネルを表現するFIRフィルタの係数、すなわち回り込み波がキャンセル可能なようなフィルタ係数を決定する。FIRフィルタ14は、上記のようにして係数決定部15で決定されたフィルタ係数を設定する。つまり、FIRフィルタ14には回り込み波と同じ伝達関数を持つように係数が設定される。

【0046】

減算器13は、FIRフィルタ14により生成された回り込み波（回り込み波のレプリカ）を、受信信号から差引くことにより、回り込みをキャンセルする。その後、スイッチ回路18のスイッチa接点がONに切り替えられ、減算後の受信信号が増幅器19に入力され、所望の電力値に増幅されて送信アンテナ20より送信される。

【0047】

このように本実施形態では、無線中継装置は、ヌル信号が挿入された区間でパイロット信号を送信すると同時にこのパイロット信号に対する受信信号により回り込み波のチャネル推定をするので、送受信装置間の通信を中断させることなく回り込み波を推定することができる。

【0048】

また、上記のようにして推定された回り込み波がFIRフィルタにより擬似的に生成さ

れ、減算器により無線中継装置で受信した信号からFIRフィルタ14の出力（回り込み波の擬似出力）を減じることで回り込み波をキャンセルするので、回り込み波による発振を高精度に回避することができる。これにより、中継信号のビット誤り率の劣化を防ぐことができ、中継信号の受信品質を向上させることが可能となる。

【0049】

なお、最初のヌルシンボル以前の信号については、回り込み波のキャンセルができないことから、これらの信号は無線中継装置への事前通知用として用い、中継は行わないようにしても良い。

【0050】

（第2の実施形態）

OFDM通信を行うシステムにおいては、必ずしもある時点での送信信号を全てヌル信号とせず、ある一部のサブキャリアのみのシンボルをヌル信号とすればよい。

【0051】

図5は第2の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図であり、図6は、本実施形態において送信装置の送信フレーム生成部で生成される送信フレームの構成例を示す図である。

【0052】

図5に示す無線中継装置は、図2に示す第1の実施形態における無線中継装置の構成に、受信信号に対してFFT処理を行うFFT部51と、送信信号に対してIFFT処理を行うIFFT部59を加えて構成され、これらがサブキャリア毎に具備50₁～50_nされる。ここでは、第1の実施形態と異なる点について詳述する。

【0053】

同図において、IFFT部59では複数のシンボルデータに対するIFFT（逆高速フーリエ変換）処理が行われ、時間領域の信号（OFDM送信信号）に変換される。一方、FFT部51では、受信データに対するFFT（高速フーリエ変換）処理が行われ、周波数領域の信号に変換（OFDM受信信号）される。

【0054】

次に、図6を参照しながら、本実施形態における送信フレームの構成について説明する。同図は、FFT後のOFDM信号を周波数軸上（縦軸）および時間軸上（横軸）に2次元的に配置したものであり、複数キャリア（サブキャリア）が周波数軸上に並列に配置される。また、図中の斜線部分がデータシンボルを示し、白抜き部分がヌルシンボルを示す。

【0055】

ここで、サブキャリアの周波数間隔は、例えば、次式にしたがって決定すればよい。

【0056】

$\text{ceil}\{(\text{サブキャリア数}) / (\text{GIポイント数})\}$

ここで、「ceil」は、より大きな最小整数を返す数値関数を表す。

【0057】

上記 $\text{ceil}\{(\text{サブキャリア数}) / (\text{GIポイント数})\}$ 間隔でのチャネル推定値が得られた場合、理想的にはこれらを補完することで、全てのサブキャリアのチャネル推定が可能である。しかし、補完方法によっては、補完により得られるチャネル推定精度の劣化を招くため、適宜、より短い周波数間隔でヌル信号を挿入してもよい。

【0058】

このように本実施形態では、ある一部のサブキャリアのみのシンボルをヌル信号とすることで、本発明を、OFDM通信を行うシステムに容易に適用することができ、第1の実施形態で得られる効果と同様の効果を同システムにおいて得ることが可能である。

【0059】

（第3の実施形態）

上記実施形態では、OFDM伝送を用いた場合の各サブキャリアの電力増幅率を一定と仮定し説明したが、本実施形態では、より良好な通信品質を得るために、無線中継装置に

における電力増幅率をサブキャリアごとに変化させる。すなわち、本実施形態における無線中継装置は、電力増幅率をサブキャリアごとに制御する機能を備える。

【0060】

本実施形態における無線中継装置は、図7に示されるように、図5に示す実施形態の構成に、送信装置で挿入される送信装置挿入パイロット信号生成部62と、チャネル推定部63と、電力制御量決定部63と、この電力制御量決定部63にて決定された電力制御量と受信信号との乗算を行う乗算器69が加えられて構成される。以下、図5に示す実施形態と異なる点について説明する。

【0061】

同図において、まず、送信装置で挿入されたパイロット信号が送信装置挿入パイロット信号生成部62で発生させられる。チャネル推定部63は、その発生させられたパイロット信号と対応する受信信号から、送信装置－無線中継装置間のチャネルを推定し、推定結果を電力制御量決定部64に出力する。電力制御量決定部64では、チャネル推定部63から得られる各サブキャリアのチャネル状態に基づき、各サブキャリアの電力制御量を決定する。この電力制御量の決定は、例えば、注水定理を適用して決定すれば好適な結果が得られる。この注水定理を用いた場合の電力制御量は次式で表すことができる。

電力制御量＝（各サブキャリアの受信電力） $^{0.5} \times$ （定数）

ここで、定数は全帯域での中継利得を一定とするという条件より決定される値である。また、この値は、受信装置での受信品質に基づいて伝達される受信装置からのフィードバック信号により制御されてもよい。

【0062】

上記式にしたがって決定された電力制御量は、乗算部69にて受信信号と乗算され、増幅器71に入力される。これ以後は、前述した動作と同様である。

【0063】

このように本実施形態では、OFDM通信を行うシステムにおいて、無線中継装置における電力増幅率をサブキャリアごとに変化させるようにしたので、受信側における中継信号の受信品質を向上させることができる。

【0064】

（第4の実施形態）

上記各実施形態では、無線中継装置において常時中継を行わないときでも、送信装置が常時ヌル信号を送信フレームに挿入する態様を例示したが、本発明はこのような態様に限らず、必要に応じてヌル信号を挿入するようにしてもよい。

【0065】

例えば、図8のシーケンス図に示されるように、受信装置aが送信装置からの制御信号を受信できない（a）場合において、受信装置a予め規定されている中継要求信号を、無線中継装置に送信（b）する。さらに、受信装置aが通信を開始する以前に、制御信号を用いて、これから開始する通信が無線中継装置を介して行うことを送信装置に伝える（c）。このようにすることにより、送信装置は、受信装置aが無線中継装置を介しての中継を依頼しているのか否かを知ることが可能となる。

【0066】

一方で、受信装置bは、送信装置からの制御信号を受信できる（a'）ため、上記の中継要求信号は送信しない。送信装置は、上記制御信号に対する応答を受信することで、当該受信装置bが無線中継装置を介しての中継を依頼していないことを知ることができる。

【0067】

送信装置では、各受信装置毎に無線中継装置を介しての中継が必要であるかを管理（例えば、テーブルで管理）し（e）、無線中継装置を介して通信を要求する受信装置にのみ（本例では、受信装置a）、ヌル信号を挿入した送信フレーム構成を用い（f、g）、送信装置と直接通信を行っている受信装置（本例では、受信装置b）に対しては、ヌル信号を挿入しない送信フレームで送信（h、i）する。

【0068】

これにより、無線中継装置を介さずに通信を行っている受信装置に対して、ヌル信号の挿入によるスループットの減少を回避させることが可能となる。

【0069】

また、本実施形態においても、制御信号の中継フレームには、常時ヌル信号を挿入しておく、あるいは、他の手段を用いて回り込みのキャンセルを行うようにする必要がある。

【0070】

図9は、本実施形態における送信装置の構成例を示す図である。本実施形態における送信装置は、その基本構成を図3に示す送信装置と同一とするが、フレーム生成規則決定部77を付加する点が異なる。このフレーム生成規則決定部77は、前述した、ヌル信号の挿入／挿入なしを決定する機能を備える。

【0071】

フレーム生成規則決定部77は、前述したシーケンスに示されるように、各受信装置からの中継要求信号（ここでは、受信装置からのフィードバック信号と呼ぶ）をモニタし、各受信装置毎にヌル信号の挿入／挿入なしを決定し、決定結果を、例えば、テーブルにて管理する。また、上記決定結果を、フレーム生成部78が送信フレームを生成する際に、所定のタイミングで出力する。フレーム生成部78では、フレーム生成規則決定部77からの決定出力にしたがい、フレームにヌル信号を挿入したり、ヌル信号を挿入しなかったり制御をする。

【0072】

このように本実施形態によれば、必要に応じてヌル信号を挿入することにより、無線中継装置を介さずに通信を行っている受信装置に対して、ヌル信号の挿入によるオーバーヘッドを減少させ、スループットを向上させることができる。

【0073】

（第5の実施形態）

本実施形態では、無線中継装置は、中継信号をNシンボル遅延させて中継し、フレームの先頭から2シンボル目をヌル信号とする。以下、無線中継装置が2シンボル遅延で中継を行う場合のフレームを構成する実施形態を説明する。また、本実施形態では、フレーム構成としては、フレームの先頭から2シンボル目をヌル信号としておけばよい。

【0074】

図10は、本実施形態における無線中継装置の構成例を示す図である。

同図において、この無線中継装置は、受信アンテナ81と、受信部82と、2シンボル遅延素子83と、減算器84と、FIRフィルタ85と、係数決定部86と、パイロット信号生成部87と、パイロット挿入タイミング検出部88と、スイッチ回路89と、増幅器90から構成される。

【0075】

ここでは、上記各実施形態と異なる2シンボル遅延素子83による遅延動作を、図11を参照しながら説明する。同図中、記号Dは、遅延素子（Delay Line）を表す。本実施形態では、2シンボル遅延素子であるため、Dが直列に2段並べられて構成される。

【0076】

同図（a）はシンボルが2シンボル遅延素子83に入力される前の初期状態を示している。まず、次のタイミングの1シンボル目の受信をトリガ（同図（b））に、2シンボル遅延素子83でシンボルが2シンボル遅延させられ、2シンボル目が受信されるタイミングで、パイロット信号生成部87で生成されるパイロット信号（記号P）を送信する（同図（c））。

【0077】

このようにしてパイロット信号を送信することで、無線中継装置では、2シンボル目が受信されるタイミング（この場合、2シンボル目をヌル信号としている）で、送信したパイロット信号に対する受信信号が受信される（同図（d））。無線中継装置の係数決定部86では、受信部82で3シンボル目の受信を行っている間に、上記の受信信号とパイロット信号により、回り込み波のチャネルを推定し、FIRフィルタ85の係数を決定し、F

IRフィルタ85に回り込み波をキャンセルできる係数をセットする。このとき、無線中継装置からは1シンボル目が送信され、無線中継装置の受信アンテナ81では、3シンボル目と、1シンボル目の回り込み波が受信される。次に、2シンボル目が送信されるタイミング(同図(e))では、3シンボル目の受信信号に加算されている1シンボル目の回り込み波をキャンセルし、次のタイミングで3シンボル目を送信する(同図(f))。

【0078】

このように本実施形態では、送信装置から、受信装置への直接波が受信されない、あるいは、非常に小さい場合に有効であり、無線中継装置においてデジタル信号処理を伴うため、無線中継装置による処理遅延が大きい場合に対しても有効である。

【0079】

(第6の実施形態)

本実施形態は、本発明に係る無線中継装置をMIMO(多入力多出力)チャネル信号伝送に適用した場合である。MIMOチャネル信号伝送方式とは、送信装置より同一周波数帯を用いて、複数の情報系列を無線送信し、受信装置でこれら同一周波数帯の無線信号を受信して、各情報系列に分離する信号伝送方式のことをいう。

【0080】

まず、従来のMIMOチャネル信号伝送方式の動作について説明する。図12は、従来のMIMOチャネル信号伝送方式による多地点中継伝送システムの構成例を示す図である。

【0081】

同図に示すように、この多値点中継伝送システムでは、送信装置100において、M個(Mは2以上の整数)の情報系列 S_1, \dots, S_M が、送信アンテナ As_1, \dots, As_M より、同一周波数帯の垂直偏波無線信号としてそれぞれ送信され、これらM個の無線信号が、L個(Lは1以上の整数)の無線中継装置110₁, \dots , 110_Lでそれぞれ受信され、一旦蓄積される。そして、送信装置100より1通話分、1バーストなどの送信終了で送信が停止すると、蓄積された無線信号が増幅され、垂直偏波無線信号として受信装置120に送信される。受信装置120ではN個(NはM以上の整数)の直線偏波受信アンテナ Ar_1, \dots, Ar_N で受信し、受信信号に対し、MIMO等化処理してM個の情報系列 S_1, \dots, S_M に分離される。

【0082】

図13は、上記のようなMIMOチャネル構成で用いられる無線中継装置の構成例を示す図である。本実施形態では、無線中継装置は、異偏波面中継機能を備えていてもよい。

【0083】

同図において、この無線中継装置は、第1偏波受信アンテナをU個これと偏波特性が直交した第2偏波受信アンテナをV個(U、Vはそれぞれ1以上の整数)備え、第1偏波受信アンテナ及び第2偏波受信アンテナとそれぞれ偏波特性が直交したU個の第2偏波送信アンテナ及びV個の第1偏波送信アンテナを備える。

【0084】

本例では、 $U=V=1$ の場合を示し、偏波特性が互いに直交した2つのアンテナの一方を縦線の上に頂点を下とした三角形(逆三角形)を付けて表示し、他方を縦線の上に頂点を上とした三角形を付けて表示する。

【0085】

第1偏波受信アンテナ150₁及び第2偏波受信アンテナ150₂が設けられ、これら第1偏波受信アンテナ150₁及び第2偏波受信アンテナ150₂でそれぞれ受信された無線信号は、それぞれ回り込み抑圧部154₁及び154₂で回り込み信号が抑圧されて増幅器153₁及び153₂へ供給される。増幅器153₁及び153₂でそれぞれ増幅された無線信号は、第2偏波及び第1偏波送信アンテナ151₁及び151₂により送信される。

【0086】

上記のような異偏波面中継機能を備える無線中継装置に本発明を適用した場合、

上記した回り込み抑圧部154₁及び154₂の構成を、図2に示す構成とすればよい（ただし、増幅器19は除く）。これにより、同一周波数で中継を行う際に、より高精度に回り込み波による発振を回避することができると共に、偏波が互いに直交化した同一周波数帯の複数の無線信号をそれぞれ比較的高い利得で同時に中継増幅することができる。

【0087】

図14は、本発明に係る無線中継装置をMIMOチャネル信号伝送に適用した場合の他の実施形態を示す図である。

【0088】

本実施形態では、第2偏波受信アンテナ150₂の受信無線信号が第1偏波送信アンテナ151₂、より送信され回り込み信号として第1偏波受信アンテナ150₁で受信された時に、その回り込み信号を抑圧する。つまり回り込み信号が前記閉ループに入ると、増幅器を通過する前に抑圧する。このため第1偏波送信アンテナ151₂から送信され、第1偏波受信アンテナ150₁に受信される回り込み伝送路170の伝送路特性（インパルス応答、チャネル特性ともいわれる）が回り込みチャネル推定部180₁で推定される。

【0089】

第2偏波受信アンテナ150₂で受信された信号、この例では、増幅器153₂の入力信号に対しFIRフィルタ182₁において、回り込みチャネル推定部180₁で推定した回り込み伝送路170の特性を畳み込み、回り込み伝送路170の回り込み信号のレプリカを生成する。この回り込み信号レプリカを、第1偏波受信アンテナ150₁の受信無線信号から減算部183₁で差し引き、減算部183₁の出力信号を増幅器153₁に入力する。

【0090】

このようにして第1偏波受信アンテナ150₁の受信無線信号中の、第2偏波受信アンテナ150₂の受信無線信号が回り込み伝送路170を通じて第1偏波受信アンテナ150₁に受信された回り込み信号が、FIRフィルタ182₁からの回り込み信号レプリカにより抑圧され、つまり、第2偏波受信アンテナ150₂の受信無線信号が第1偏波送信アンテナ151₂から回り込み伝送路170を通じて回り込み信号として前記閉路に入力される部分で抑圧され回り込み信号が増幅器により増幅され雑音を加算される問題は生じない。

【0091】

このように本実施形態によれば、本発明を、MIMOチャネル信号伝送を行うシステムに適用することで、回り込み波による発振を高精度に回避することができると共に、MIMOチャネル構成により送受信装置間のチャネル容量を増大させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0092】

【図1】第1の実施形態に係る無線中継装置を含む無線中継システムの構成例を示す図である。

【図2】図1に示す無線中継装置の構成例を示す図である。

【図3】従来の送信装置の構成例と本発明による送信装置の構成例を示す図である。

【図4】第1の実施形態における送信フレームの構成例を示す図である。

【図5】第2の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図である。

【図6】第2の実施形態における送信フレームの構成例を示す図である。

【図7】第3の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図である。

【図8】第4の実施形態におけるヌル信号の挿入制御を示すシーケンス図である。

【図9】第4の実施形態における送信装置の構成例を示す図である。

【図10】第5の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図である。

【図11】第5の実施形態における2シンボル遅延素子による遅延動作を説明するための図である。

【図12】従来のMIMOチャネル信号伝送方式による多地点中継伝送システムの構成例を示す図である。

【図13】 MIMOチャネル構成で用いられる無線中継装置の構成例を示す図である。

【図14】 図13に示す無線中継装置の回り込み抑圧部及びの構成例を示す図である。

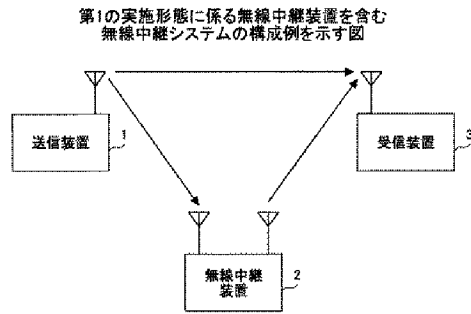
【図15】 従来の無線中継装置の構成例を示す図である。

【符号の説明】

【0093】

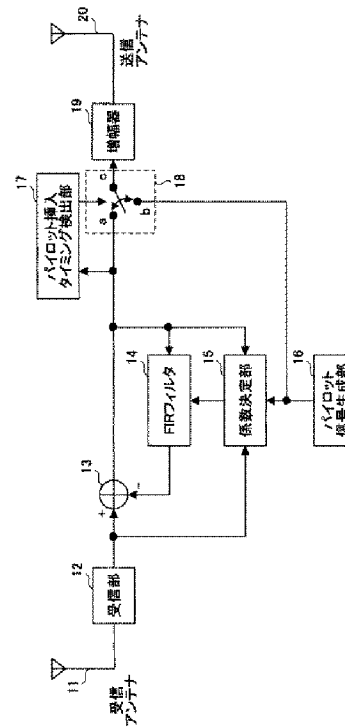
- 1 送信装置
- 2, $110_1 \sim 110_L$ 無線中継装置
- 3 受信装置
- 11, 81 受信アンテナ
- 12, 82 受信部
- 13, 52, 65, 84, 183_1 , 183_2 , 201 減算器
- 14, 53, 66, 85, 182_1 , 182_2 , 202 FIRフィルタ
- 15, 54, 67, 86, 203 係数決定部
- 16, 22, 32, 55, 68, 76, 87, 204 パイロット信号生成部
- 17, 56, 70, 88 パイロット挿入タイミング検出部
- 18, 57, 71, 89 スイッチ回路
- 19, 58, 72, 90, 153_1 , 153_2 , 205 増幅器
- 20 送信アンテナ
- 21, 31, 75 データシンボル生成部
- 23, 33, 78 フレーム生成部
- $50_1 \sim 50_n$, $60_1 \sim 60_n$ 各サブキャリア毎の無線中継装置の機能ブロック
- 51, 61 FFT部
- 59, 73 IFFT部
- 62 送信装置挿入パイロット信号生成部
- 63 チャネル推定部
- 64 電力制御量決定部
- 69 乗算器
- 77 フレーム生成規則決定部
- 83 2シンボル遅延素子
- 100 送信装置
- 120 受信装置
- 150_1 第1偏波受信アンテナ
- 150_2 第2偏波受信アンテナ
- 151_1 第2偏波送信アンテナ
- 151_2 第1偏波送信アンテナ
- 152 筐体
- 154_1 , 154_2 回り込み抑圧部
- 160, 170 回りこみ伝送路
- 180_1 , 180_2 回り込みチャネル推定部
- 181_1 , 181_2 パイロット発生器

【図1】



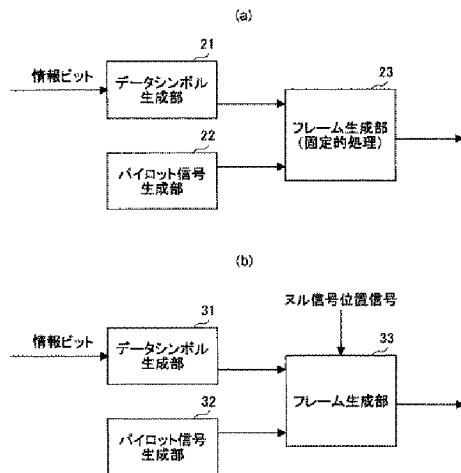
【図2】

図1に示す無線中継装置の構成例を示す図



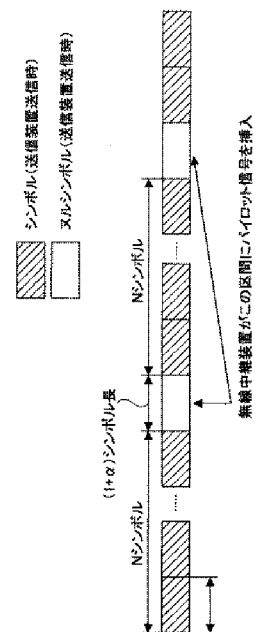
【図3】

従来の送信装置の構成例と本発明による送信装置の構成例を示す図



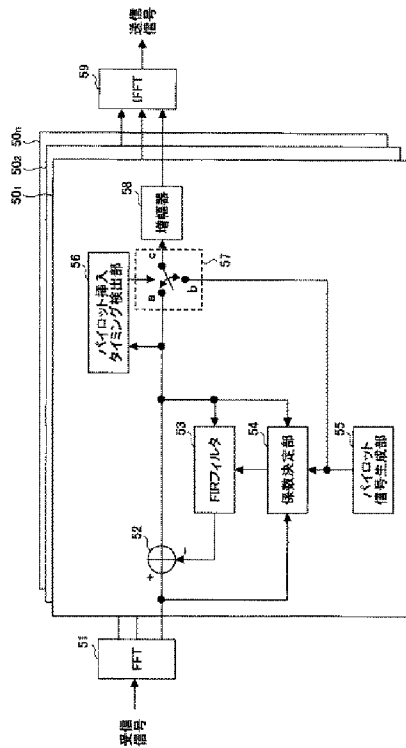
【図4】

第1の実施形態における送信フレームの構成例を示す図



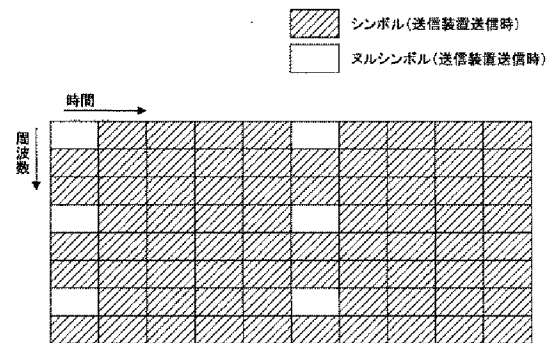
【図5】

第2の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図



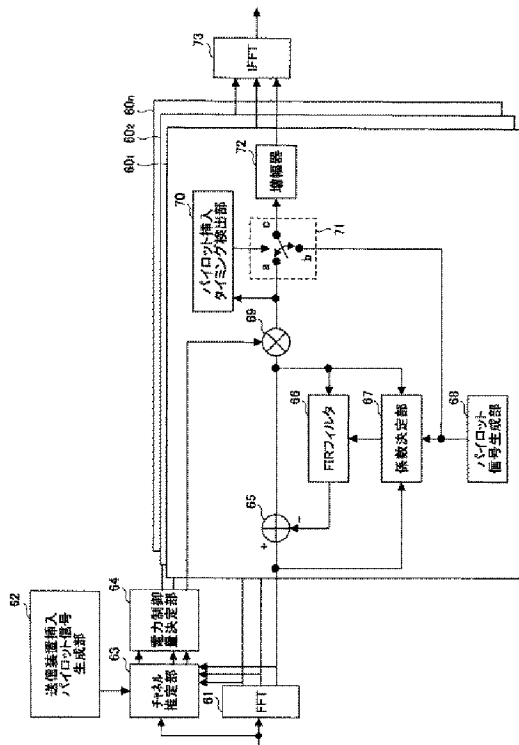
【図6】

第2の実施形態における送信フレームの構成例を示す図



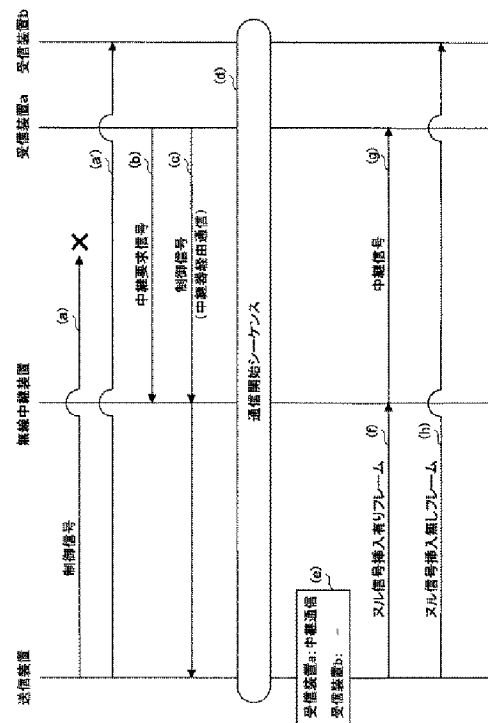
【図7】

第3の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図



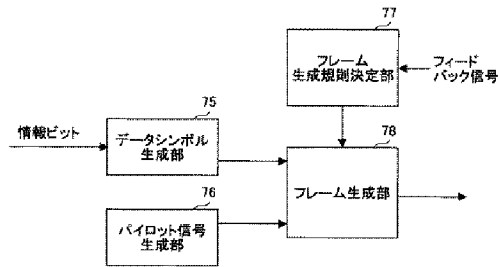
【図8】

第4の実施形態におけるヌル信号の挿入制御を示すシーケンス図



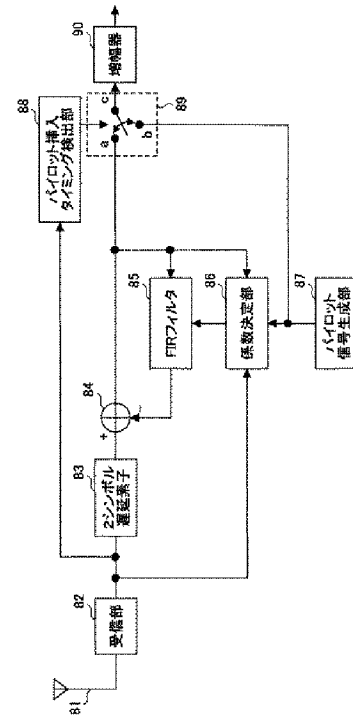
【図9】

第4の実施形態における送信装置の構成例を示す図



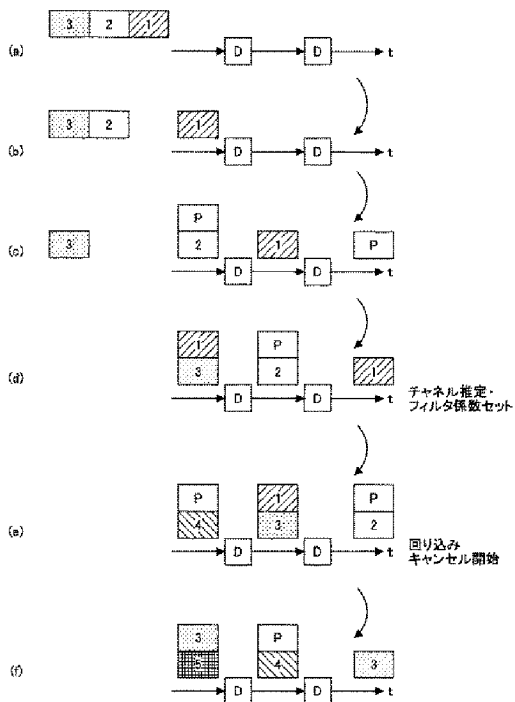
【図10】

第5の実施形態に係る無線中継装置の構成例を示す図



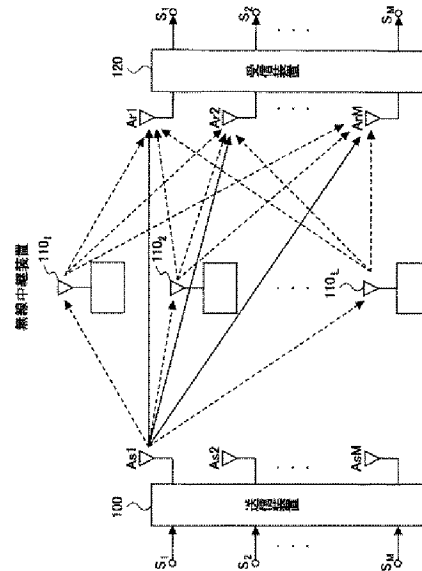
【図11】

第5の実施形態における2シンボル遅延素子による遅延動作を説明するための図



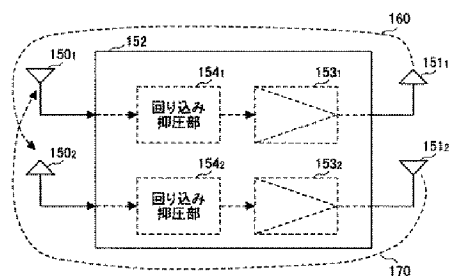
【図12】

従来のMIMOチャネル信号伝送方式による多地点中継伝送システムの構成例を示す図



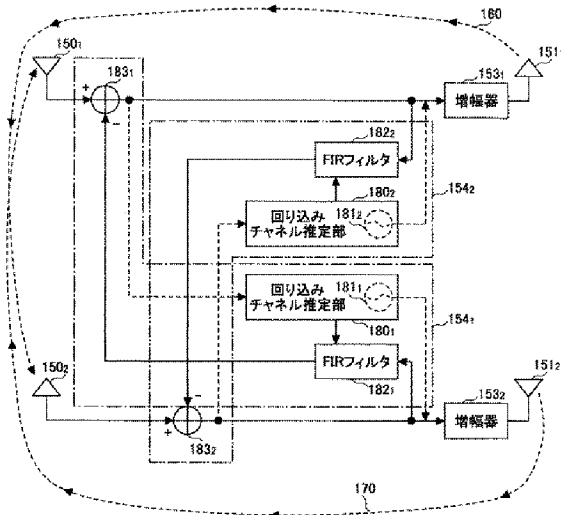
【図13】

MIMOチャネル構成で用いられる無線中継装置の構成例を示す図



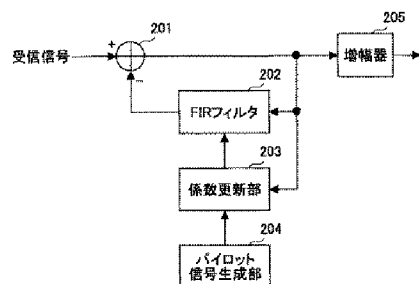
【図14】

図13に示す無線中継装置の回り込み抑圧部及びの構成例を示す図



【図15】

従来の無線中継装置の構成例を示す図



F ターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD19 DD21 DD31 FF00
5K046 AA05 BB03 HH05 HH11
5K067 AA22 BB04 BB21 CC02 DD27 DD51 EE06 GG01 HH21 HH24
KK03
5K072 AA04 AA29 BB13 BB14 BB25 BB27 CC33 DD16 DD17 FF13
GG10



US 20050190822A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2005/0190822 A1**
(43) **Pub. Date: Sep. 1, 2005**(54) **WIRELESS RELAY SYSTEM, WIRELESS RELAY APPARATUS, AND WIRELESS RELAY METHOD****Publication Classification**(51) **Int. Cl.⁷** **H04B 5/00**
(52) **U.S. Cl.** **375/211**(75) **Inventors:** **Hiromasa Fujii**, Yokosuka-shi (JP);
Hirohito Suda, Yokosuka-shi (JP);
Tetsu Tanaka, Zushi-shi (JP)(57) **ABSTRACT**

Correspondence Address:

OBLON, SPIVAK, MCCLELLAND, MAIER & NEUSTADT, P.C.
1940 DUKE STREET
ALEXANDRIA, VA 22314 (US)(73) **Assignee:** **NTT DoCoMo, Inc.**, Tokyo (JP)(21) **Appl. No.:** **11/061,539**(22) **Filed:** **Feb. 18, 2005**(30) **Foreign Application Priority Data**

Feb. 19, 2004 (JP) 2004-042789

A wireless relay system for relaying a radio signal transmitted from a first wireless station to a second wireless station via a wireless relay apparatus is disclosed. The wireless relay system includes a relay control part for receiving transmission symbols transmitted from the first wireless station and refraining from relaying a portion of the symbols, a pilot signal transmission part for transmitting a pilot signal that is inserted into a section of the portion of the transmission symbols, a coupling loop interference wave estimation part for receiving the pilot signal and estimating a coupling loop interference wave based on the pilot signal, and a coupling loop interference wave cancellation part for subtracting the estimated coupling loop interference wave from a reception signal.

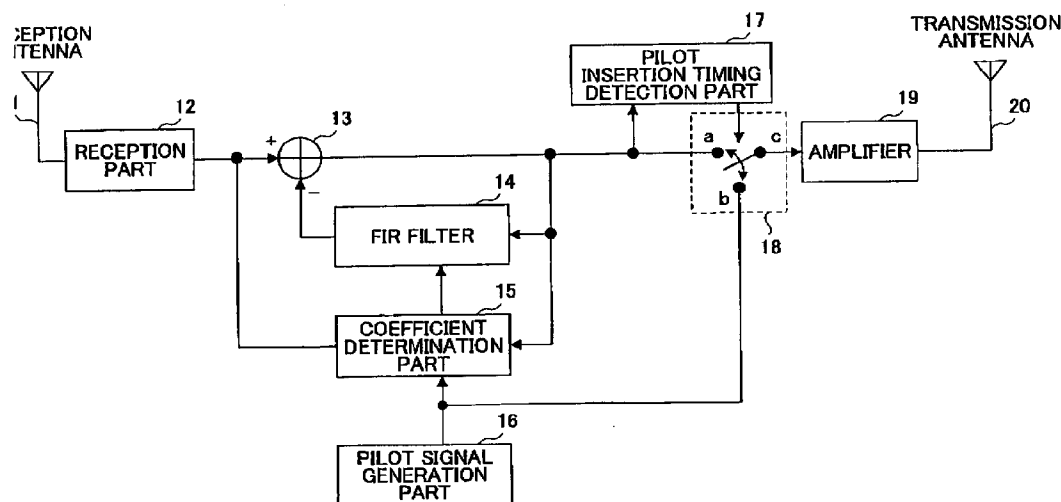


FIG.1

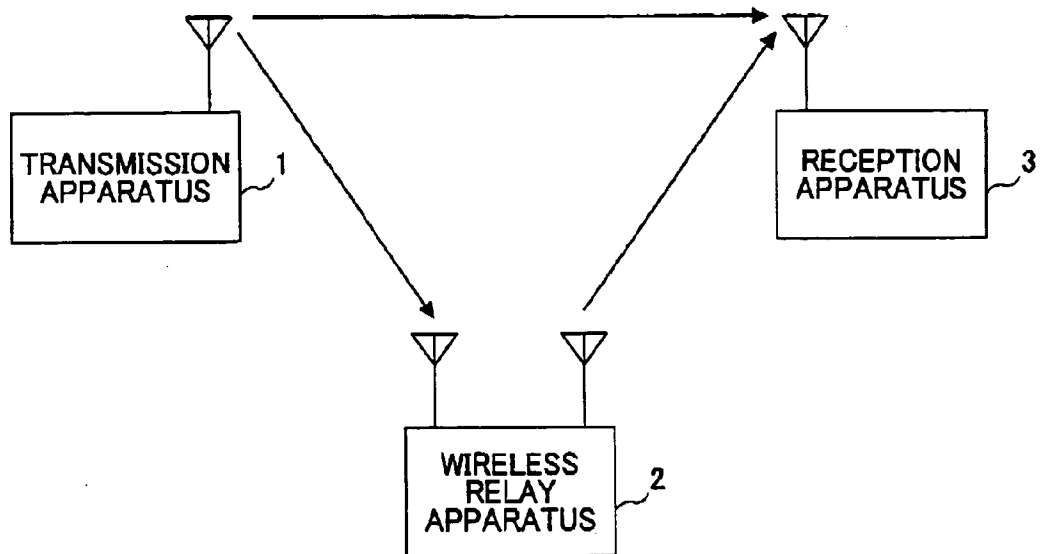
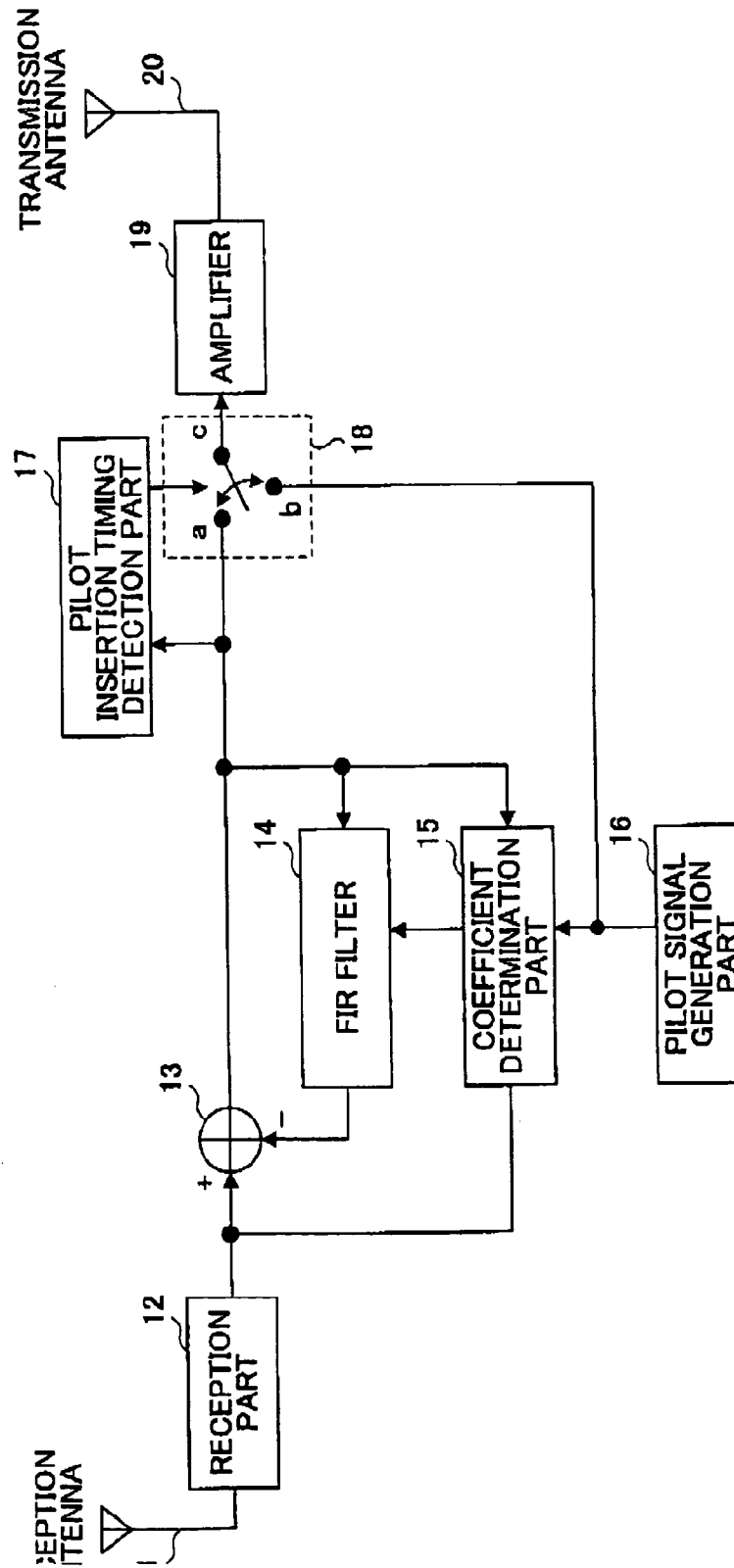


FIG.2



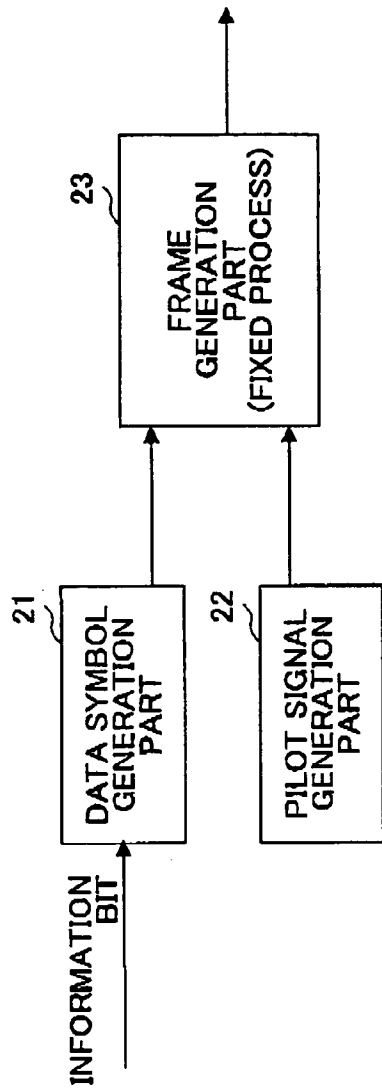


FIG.3A

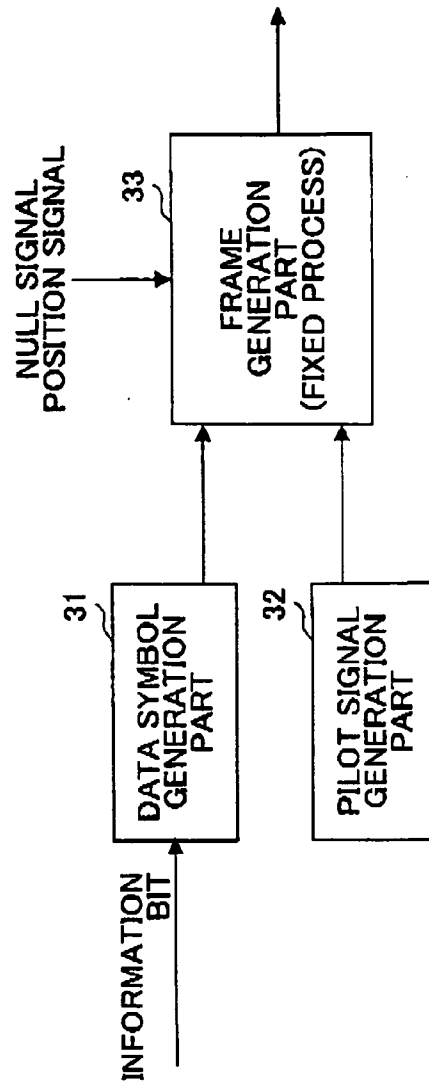


FIG.3B

FIG.4

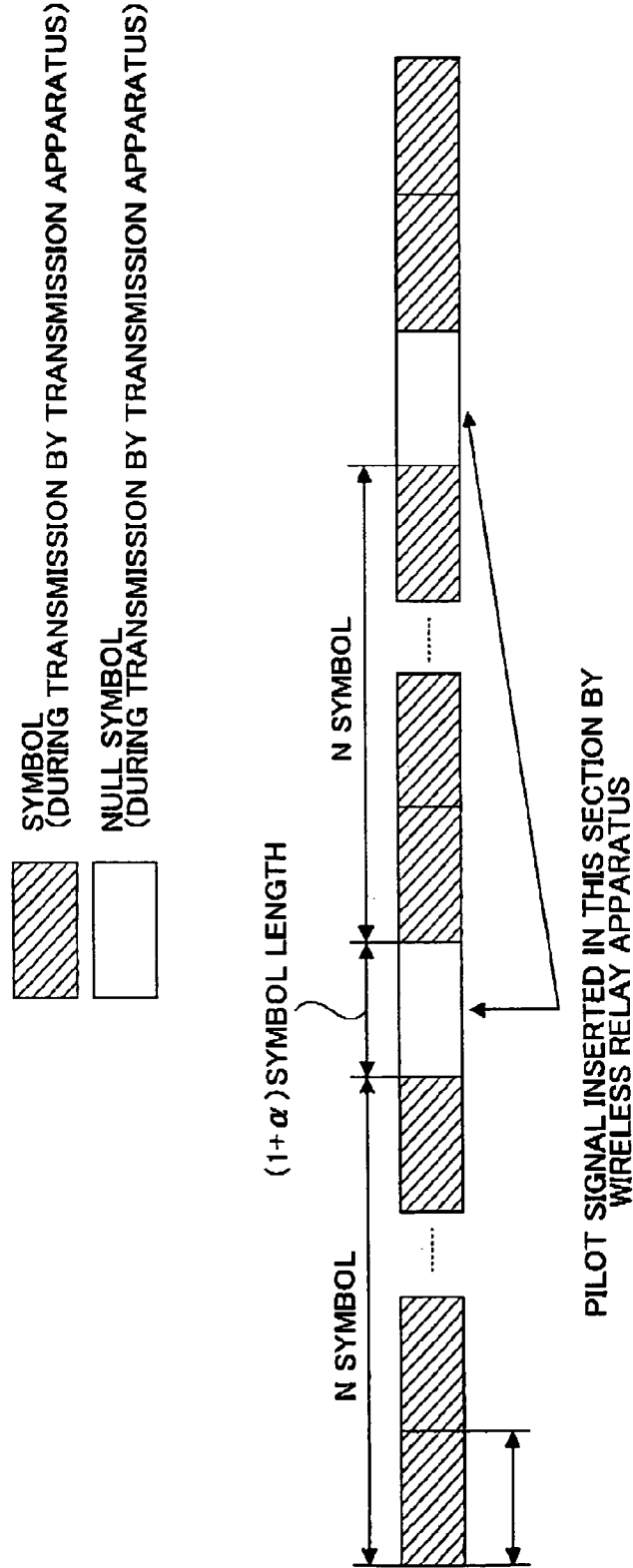


FIG. 5

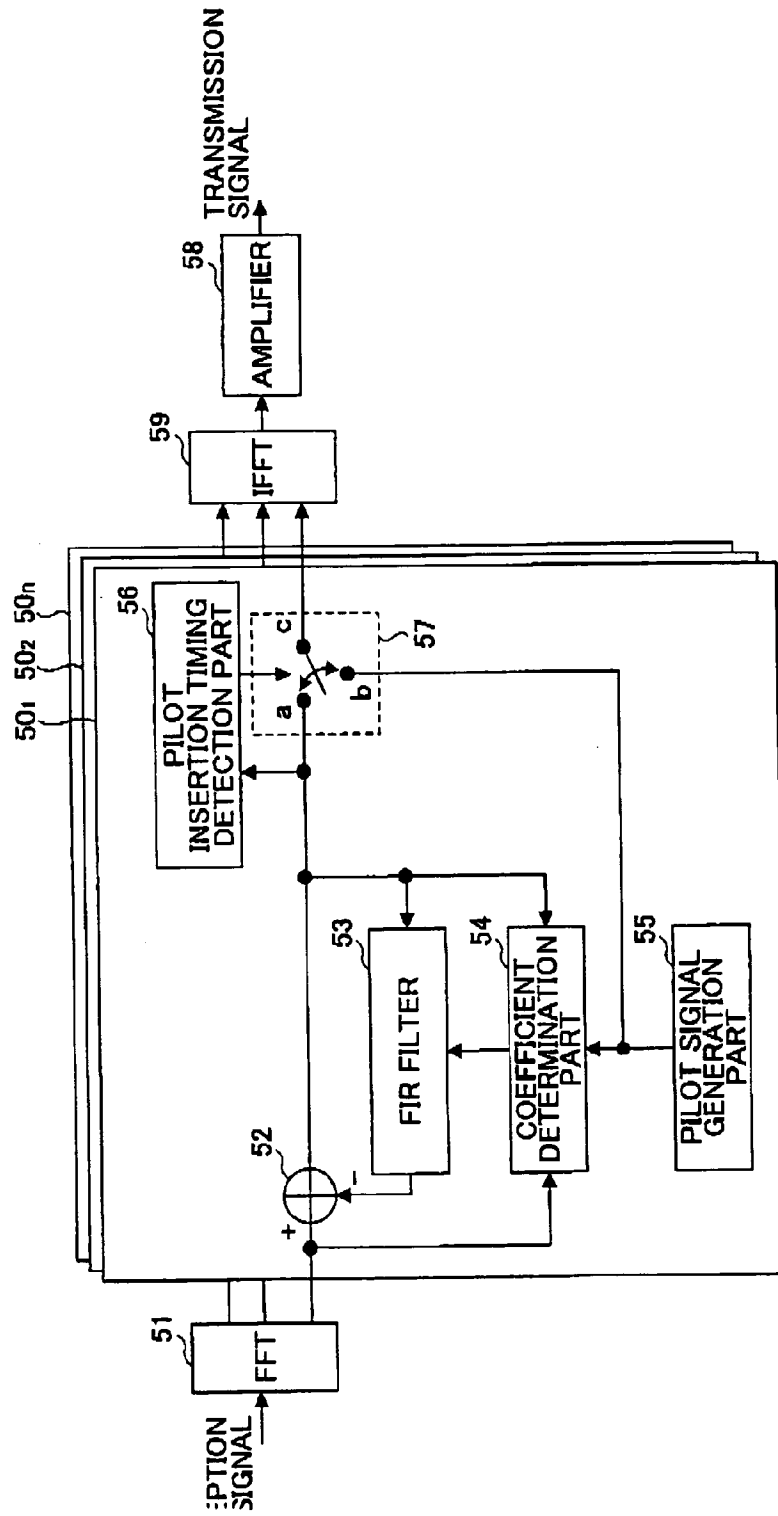
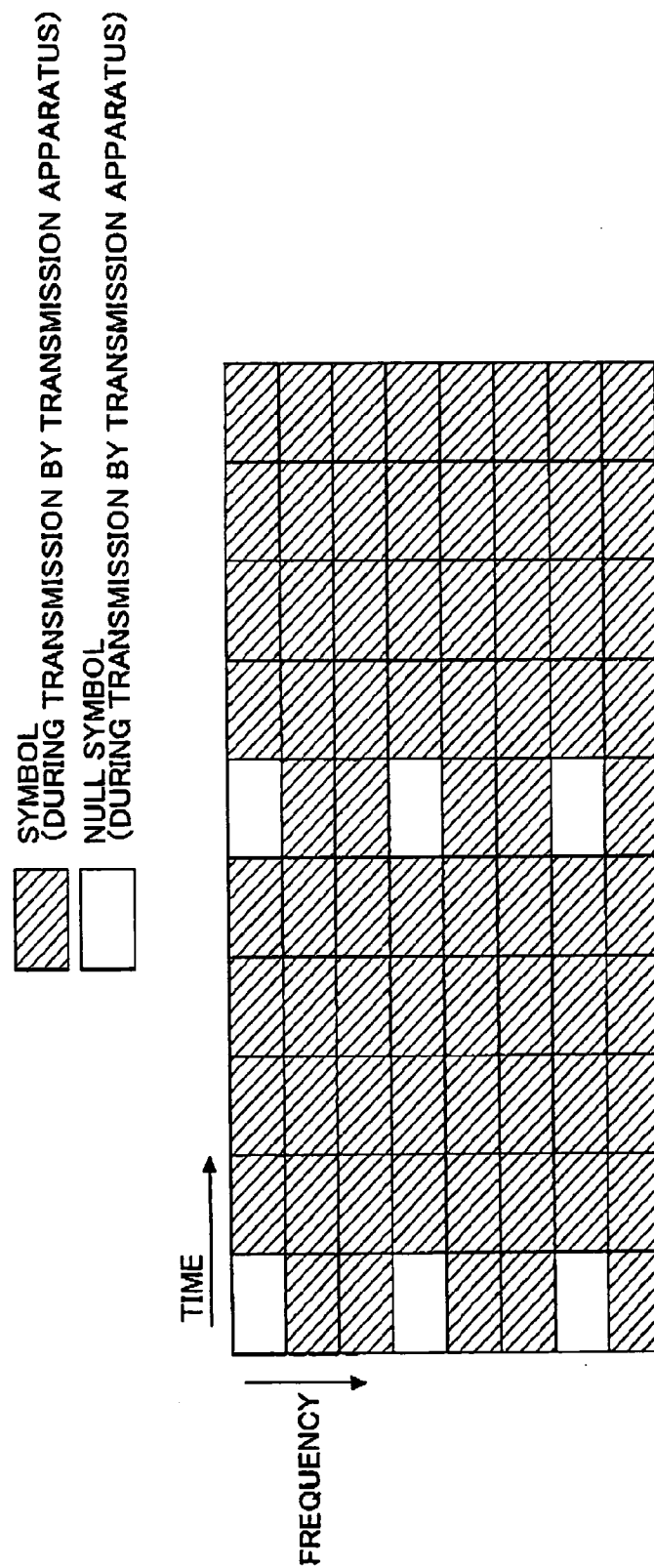
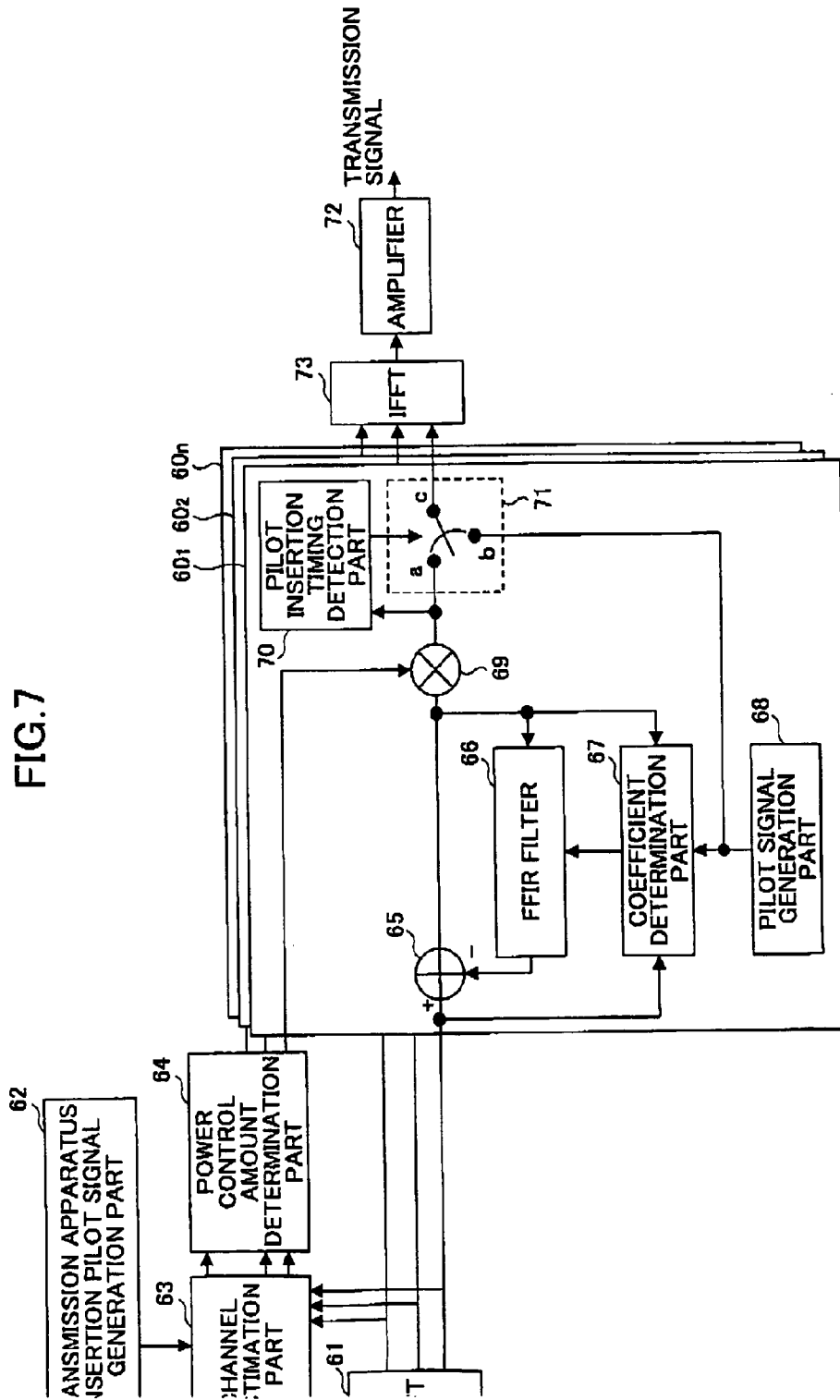


FIG. 6





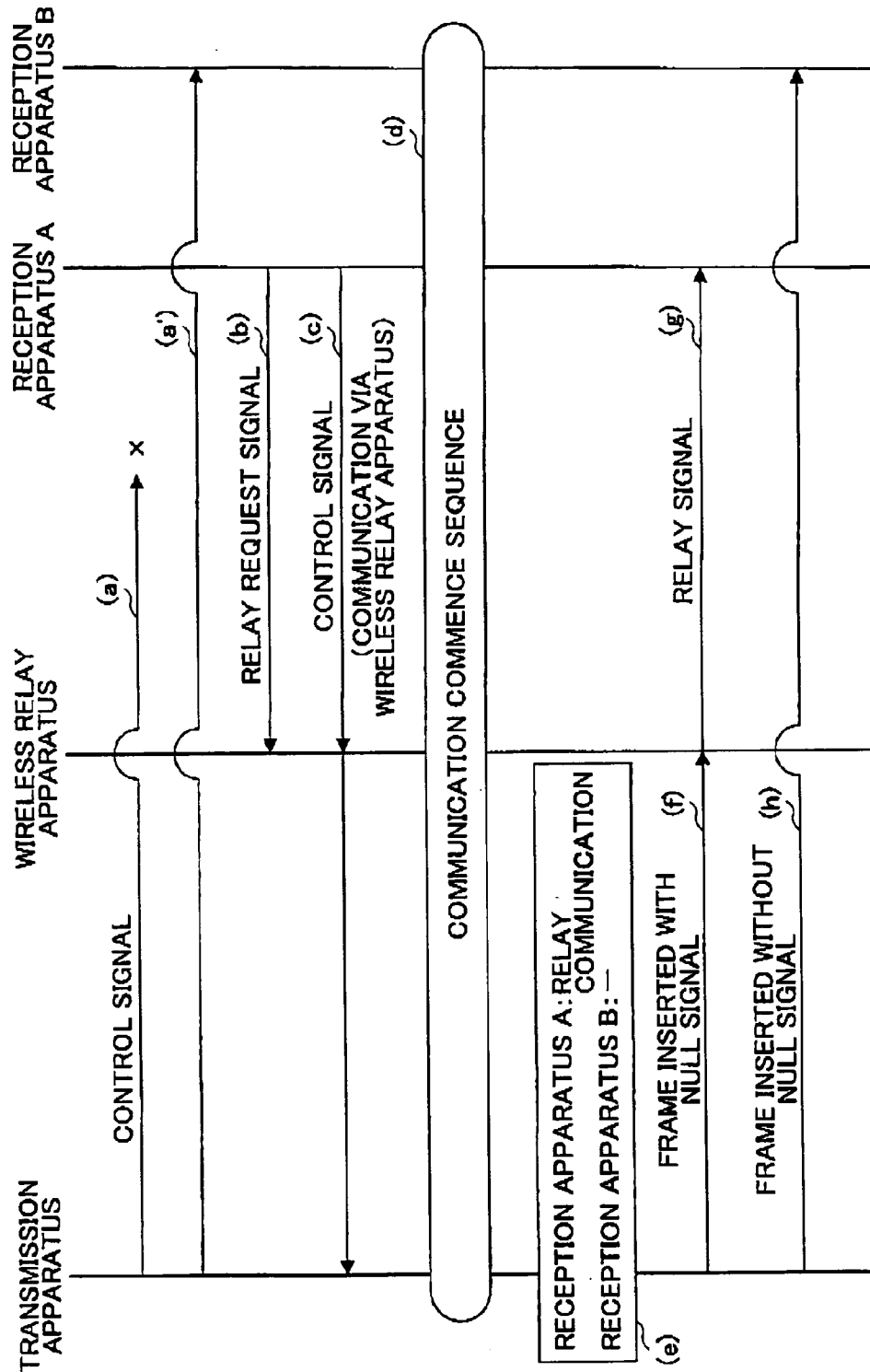


FIG. 9

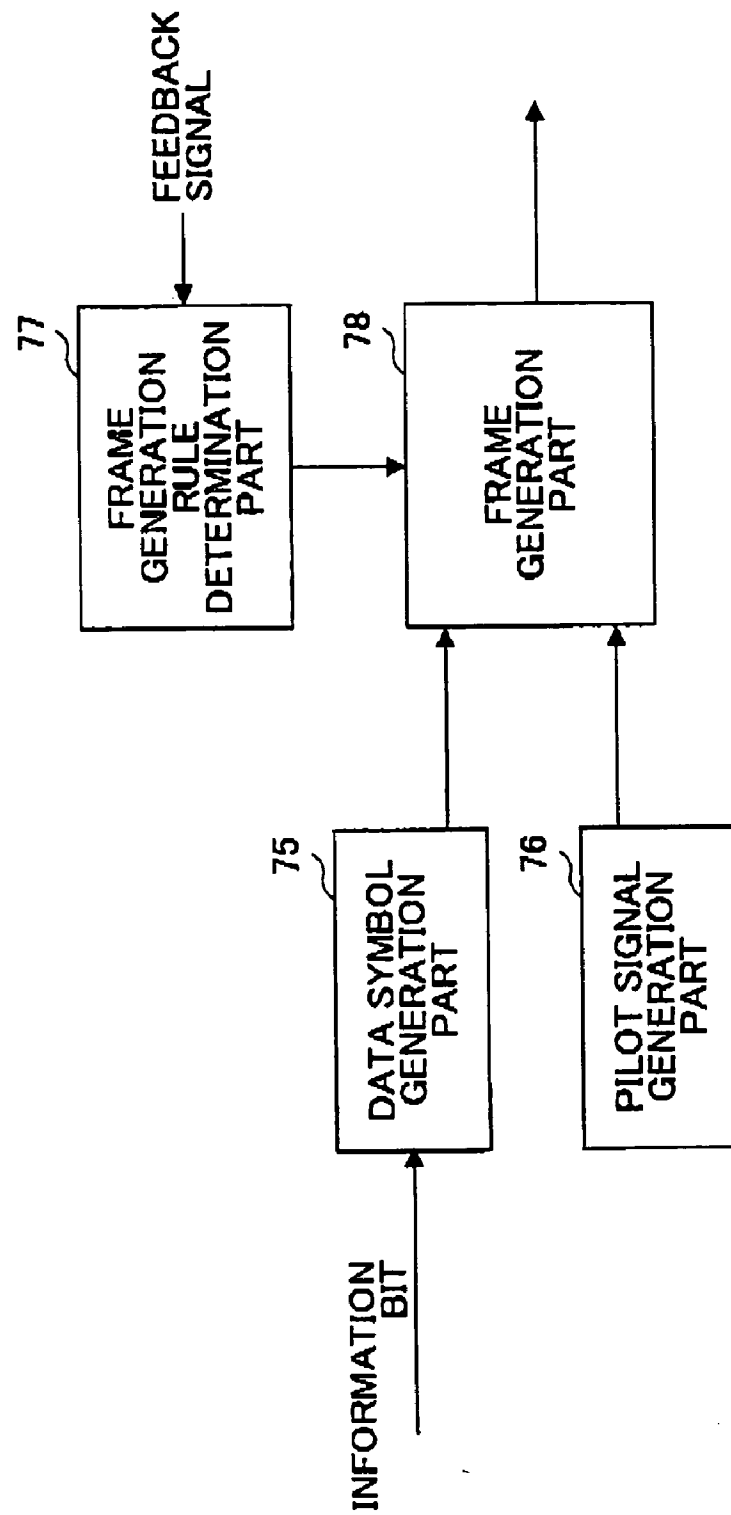
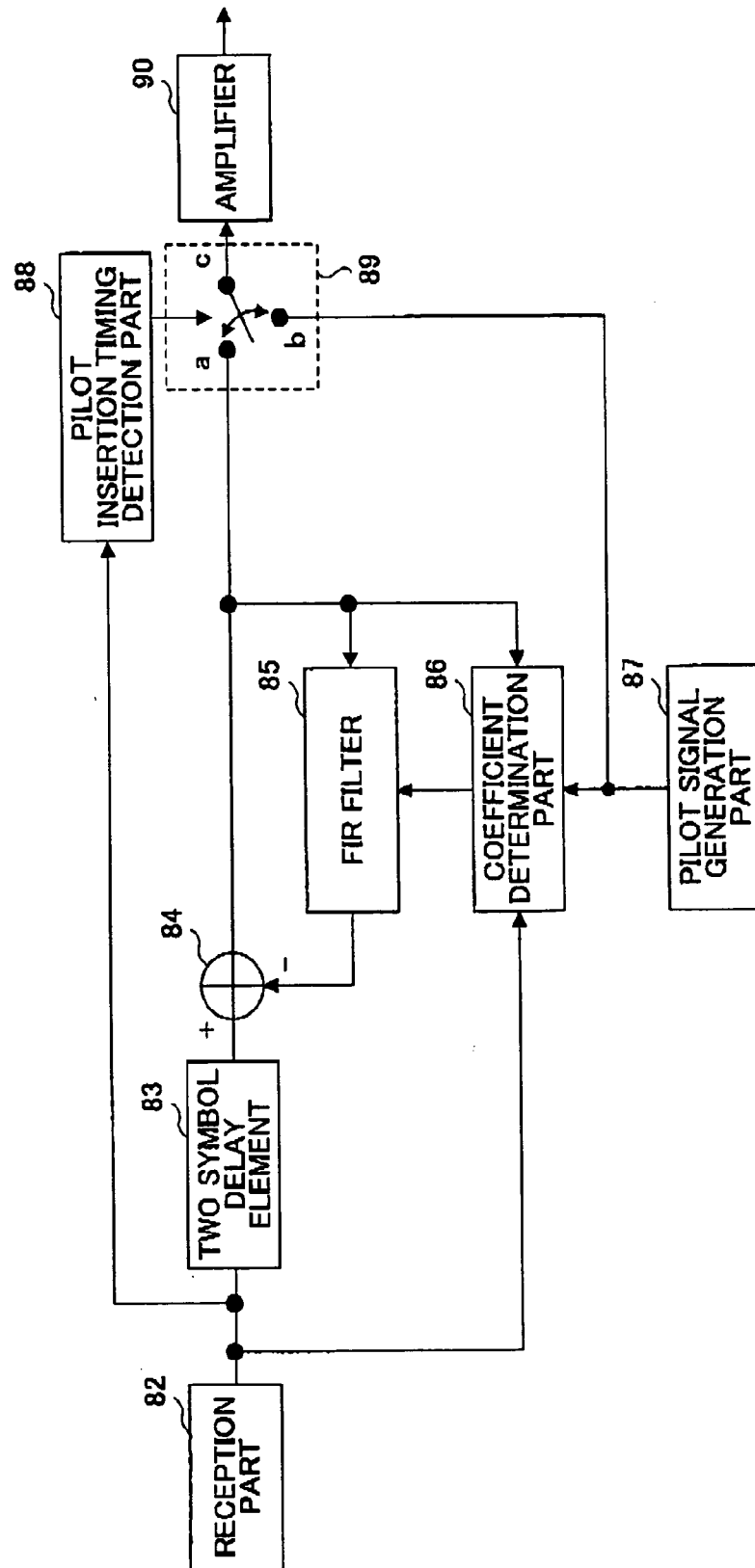


FIG.10



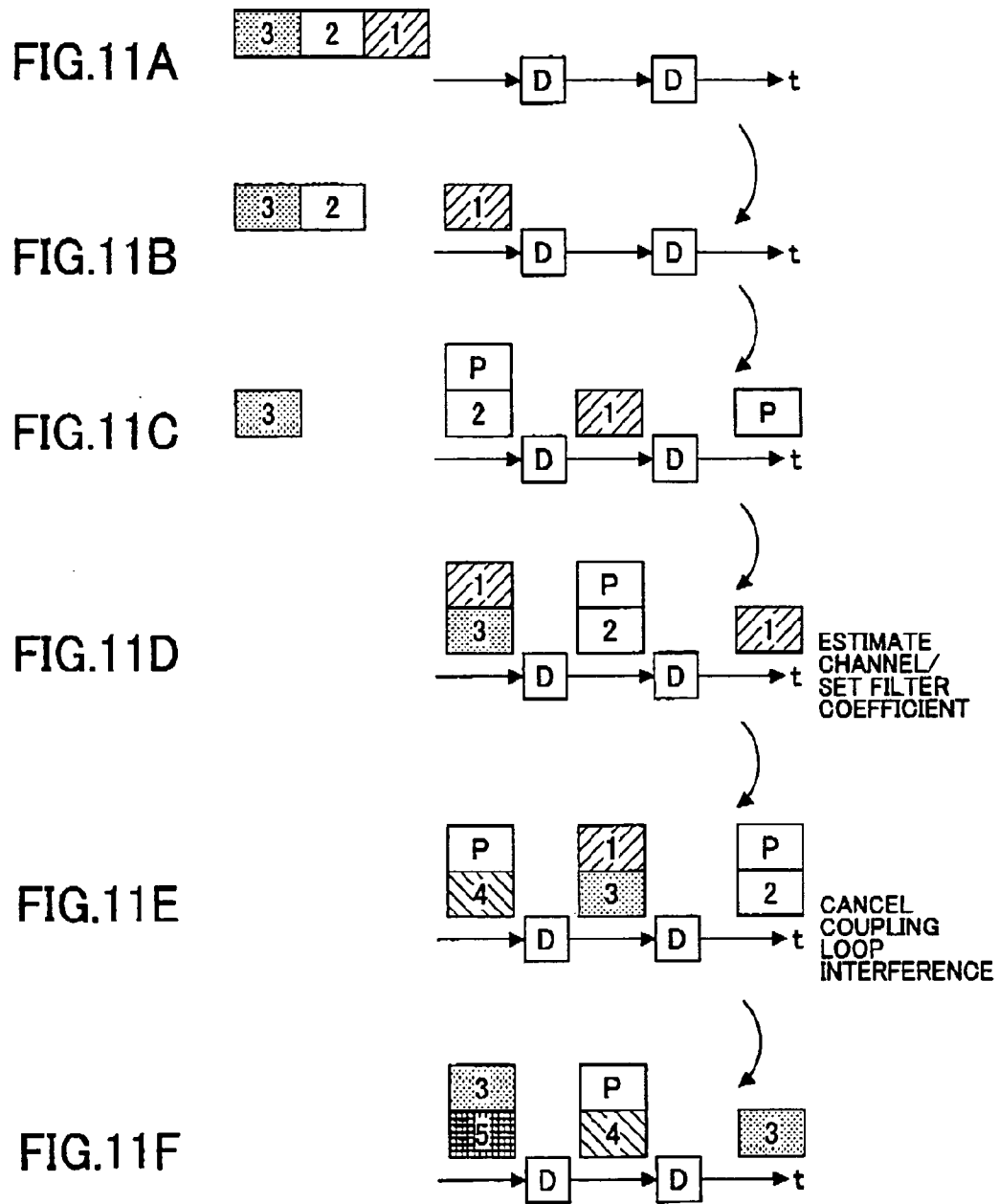


FIG.12

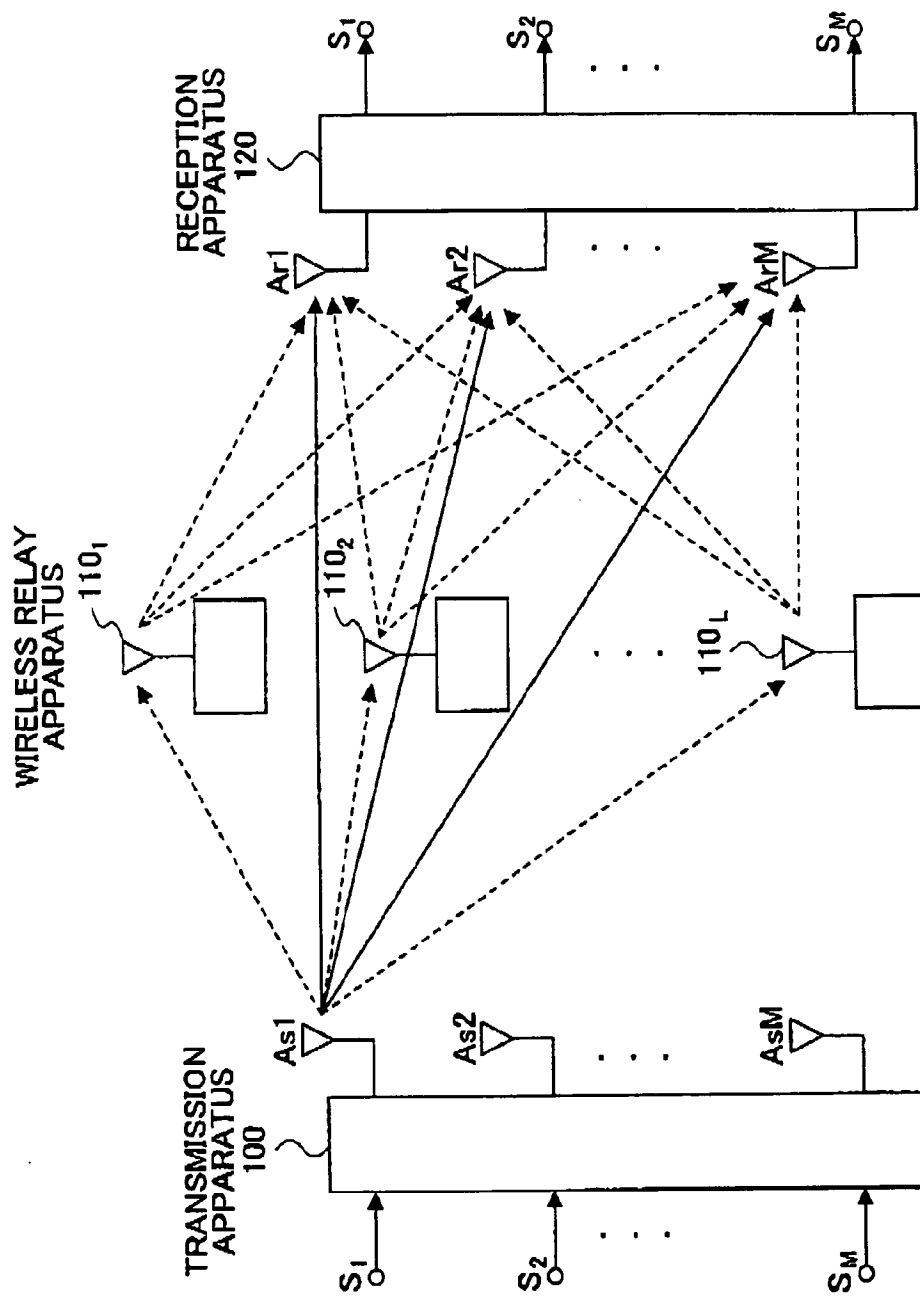
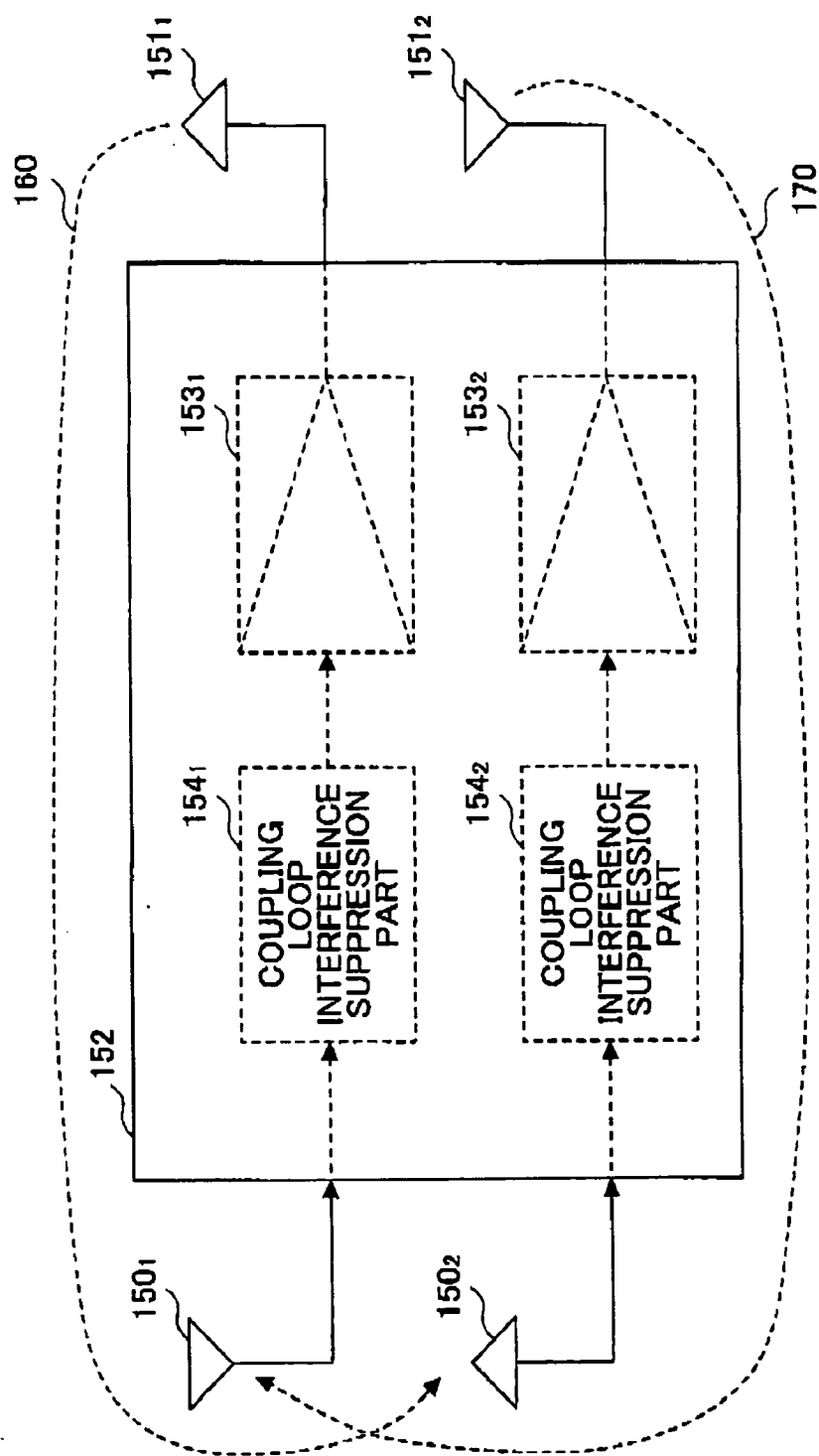


FIG.13



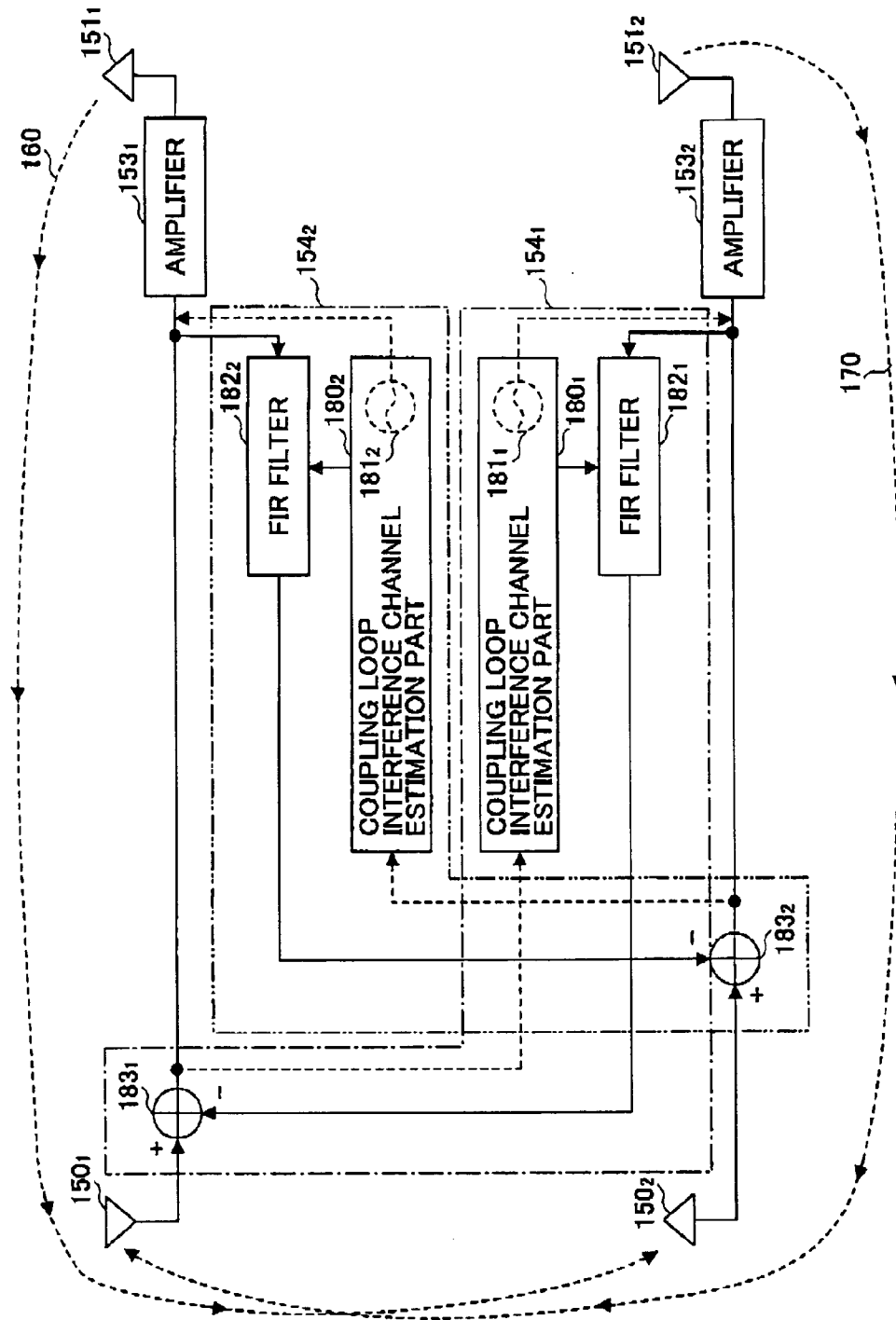
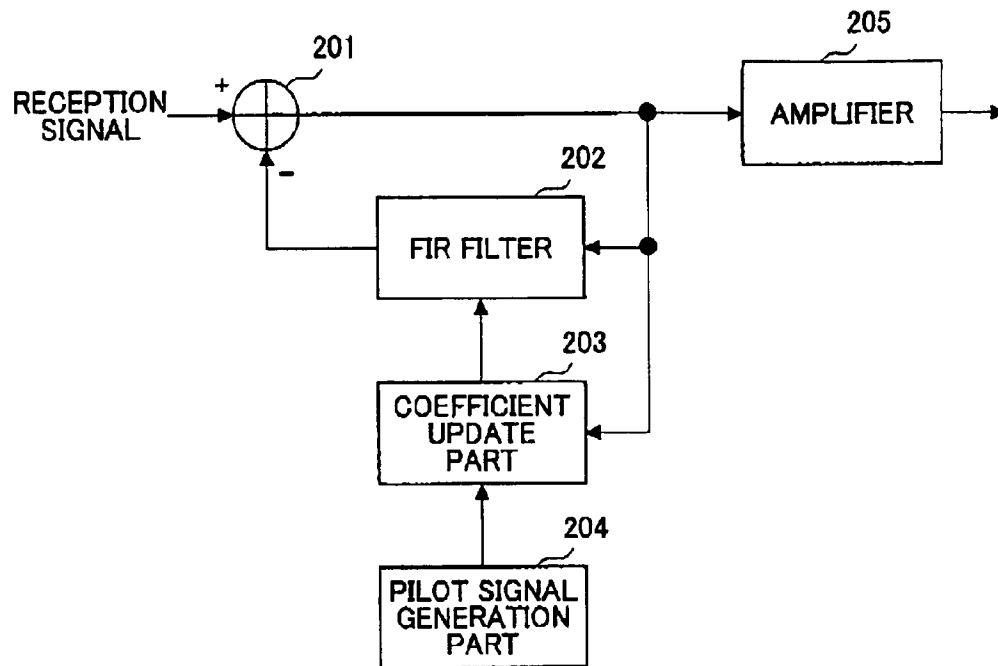


FIG.15



WIRELESS RELAY SYSTEM, WIRELESS RELAY APPARATUS, AND WIRELESS RELAY METHOD**BACKGROUND OF THE INVENTION****[0001] 1. Field of the Invention**

[0002] The present invention generally relates to a wireless relay system, a wireless relay apparatus, and a wireless relay method for wireless communication between a transmission apparatus and a reception apparatus via a single or a plurality of wireless relay apparatuses.

[0003] 2. Description of the Related Art

[0004] Recently and continuing, a method of executing relay between a transmission apparatus and a reception apparatus by using the same frequency band with a wireless relay apparatus (=relay device) is being considered. In employing the wireless relay apparatus, it is important to control oscillation created by a coupling loop interference wave from a transmitter antenna to a receiver antenna. That is, a characteristic degraded by generation of oscillation is a problem.

[0005] Furthermore, since the relay is considered as a method that is mainly employed for broadcasting, controlling the coupling loop interference wave is relatively easy. Meanwhile, in a case where the wireless relay apparatus is situated in the same environment (not a steel tower or on top of a building) as a typical mobile terminal, such as in a mobile communication system, changes of channel of the coupling loop interference wave become more frequent in accordance with movement of the wireless relay apparatus or changes of the surrounding environment. There is a problem in which a highly advanced technology of canceling the coupling loop interference wave is required for swiftly corresponding to abrupt changes of the coupling loop interference wave.

[0006] In order to solve the problems of the conventional wireless relay apparatus, various methods are proposed.

[0007] For example, a method of canceling the coupling loop interference wave, which uses a pilot signal inserted by a transmitter apparatus, is proposed (See, for example, Japanese Laid-Open Patent Application Nos. 2003-174392 and 2003-298548). Japanese Laid-Open Patent Application No. 2003-174392 focuses on amplitude and phase being inserted into a predetermined pilot signal beforehand, in which an error signal is obtained by detecting frequency characteristics throughout the entire signal band by using the pilot signal, multipath components of transmission signals from a master station and other relay stations and a replica signal of the coupling loop interference wave are generated, and the replica signal is subtracted from the reception signal. Accordingly, even in a propagation environment where a large number of coupling loop interference waves exist or even in a propagation environment where multipath components of the main station transmission signal exist, the influences of both the coupling loop interference waves and the multipath components of the master station transmission signal can be eliminated.

[0008] According to Japanese Laid-Open Patent Application No. 2003-298548, a subtractor for subtracting duplications of coupling loop interference signals from input signals, an FIR filter for generating duplications of coupling

loop interference signals, and a filter coefficient generation part for generating an FIR filter from the output of the subtractor are provided. The filter coefficient generation part performs a hard decision and remodulates a data carrier, calculates a transmission path characteristic by referring to the re-modulated data carrier, calculates cancellation residue from the transmission path characteristic, and updates the coefficient of the FIR filter based on the results of applying IFFT to the cancellation residue. Accordingly, a coupling loop canceller enables tracking performance to be improved and cancelable delay time to be expanded.

[0009] A configuration of a conventional wireless relay apparatus, which uses a coupling loop cancellation method by using a pilot signal inserted by a transmitter apparatus, is described below.

[0010] FIG. 15 is block diagram showing a configuration of a conventional wireless relay apparatus. As shown in FIG. 15, the wireless relay apparatus includes a subtractor 201 for subtracting a replica of a coupling loop interference signal from an input signal, an FIR filter 202 for generating the replica of the coupling loop interference signal, a coefficient update part 203 for generating a coefficient of the FIR filter 202, a pilot signal generation part 204 for generating a pilot signal with an amplitude and phase that are predefined, and an amplifier 205.

[0011] In the conventional wireless relay apparatus, the coefficient update part 203 obtains a characteristic of a transmission path, calculates a cancellation residue from the characteristic of the transmission path, and updates the coefficient of the FIR filter 202. Accordingly, tracking performance can be improved and cancelable delay time can be expanded.

[0012] As for other methods, there are a method of estimating a coupling loop interference by adding a pilot signal (a relatively long PN sequence with low electric power) to a relay signal of a wireless relay apparatus (see, for example, Japanese Laid-Open Patent Application No. 2001-186073); a method of estimating a coupling loop interference wave by transmitting a pilot signal from a wireless relay apparatus with a different frequency band (see, for example, Japanese Laid-Open Patent Application No. 8-331016); and a method of estimating a coupling loop interference wave by temporarily stopping relay (see, for example, Japanese Laid-Open Patent Application No. 2000-244382).

[0013] However, the coupling loop cancellation method disclosed in Japanese Laid-Open Patent Application No. 2003-174392 has a problem of increasing noise in the receiver.

[0014] In the coupling loop cancellation method disclosed in Japanese Laid-Open Patent Application No. 2003-298548, a part of noise voltage of a sub-carrier will be excessively amplified and transmitted since a transmission signal is amplified stronger as the signal received by a wireless relay apparatus becomes weaker. Accordingly, the bit error rate tends to increase.

[0015] Furthermore, the coupling loop cancellation method disclosed in Japanese Laid-Open Patent Application No. 2001-186073 has a problem of increasing the error rate in the receiver apparatus by applying a disturbance to a signal that is to be originally transmitted.

[0016] Furthermore, in the coupling loop cancellation method disclosed in Japanese Laid-Open Patent Application No. 8-331016, since the estimated channel value relies on a frequency that is used, accuracy in estimating the channel of the coupling loop is liable to deteriorate, and preparation of a frequency band for estimating the coupling loop interference wave would be necessary.

[0017] Furthermore, in the coupling loop cancellation method disclosed in Japanese Laid-Open Patent Application No. 2000-244382, there is a problem that communication between a transmitter apparatus and a receiver apparatus is temporarily interrupted at a timing unexpected by the transmitter apparatus.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0018] It is a general object of the present invention to provide a wireless relay system, a wireless relay apparatus, and a wireless relay method that substantially obviate one or more of the problems caused by the limitations and disadvantages of the related art.

[0019] Features and advantages of the present invention are set forth in the description which follows, and in part will become apparent from the description and the accompanying drawings, or may be learned by practice of the invention according to the teachings provided in the description. Objects as well as other features and advantages of the present invention will be realized and attained by a wireless relay system, a wireless relay apparatus, and a wireless relay method particularly pointed out in the specification in such full, clear, concise, and exact terms as to enable a person having ordinary skill in the art to practice the invention.

[0020] To achieve these and other advantages and in accordance with the purpose of the invention, as embodied and broadly described herein, the invention provides a wireless relay system for relaying a radio signal transmitted from a first wireless station to a second wireless station via a wireless relay apparatus, the wireless relay system including: a relay control part for receiving transmission symbols transmitted from the first wireless station and refraining from relaying a portion of the symbols; a pilot signal transmission part for transmitting a pilot signal that is inserted into a section of the portion of the transmission symbols; a coupling loop interference wave estimation part for receiving the pilot signal and estimating a coupling loop interference wave based on the pilot signal; and a coupling loop interference wave cancellation part for subtracting the estimated coupling loop interference wave from a reception signal.

[0021] In the wireless relay system according to an embodiment of the present invention, the first wireless station may include a control signal transmission part for transmitting a control signal that is included in the transmission symbols transmitted to the wireless relay apparatus, wherein the wireless relay apparatus includes a relay refrain control part for refraining from relaying the radio signals in a section of the control signal.

[0022] In the wireless relay system according to an embodiment of the present invention, the control signal transmission part may include a frame generation part for generating a frame of the transmission symbols with a null symbol inserted therein, wherein the relay refraining control

part includes a relay refraining part for refraining relay of signals in a section where the null signal is inserted.

[0023] In the wireless relay system according to an embodiment of the present invention, the wireless relay apparatus may include a delay part for delaying the relay of the transmission symbols to an extent of N symbols, wherein N represents an integer which is not less than 1.

[0024] In the wireless relay system according to an embodiment of the present invention, in a case of relaying a signal by using an OFDM transmission method, the wireless relay apparatus may include an IFFT part for performing an IFFT process to generate the transmission signal, and an FFT part for performing an FFT process on the reception signal, and the first wireless station includes an OFDM frame generation part for inserting a null signal into a portion of a time/frequency domain and generating a frame that is to be transmitted to the wireless relay apparatus.

[0025] In the wireless relay system according to an embodiment of the present invention, the OFDM frame generation part may calculate a sub-carrier interval for inserting the null signal in accordance with a formula of $\text{ceil} \{ (\text{FFT point value}) / (\text{GI point value}) \}$, wherein "ceil (x)" represents a numeric function that returns a least integer greater than x, "FFT" represents Fast Fourier Transform and "GI" represents guard interval.

[0026] In the wireless relay system according to an embodiment of the present invention, the wireless relay apparatus may include a channel estimation part for receiving the pilot signal and estimating a channel in accordance with the received pilot signal, and a signal amplitude control part for controlling an amplitude of the reception signal based on a result of the channel estimation by the channel estimation part.

[0027] In the wireless relay system according to an embodiment of the present invention, the signal amplitude control part may employ a water filling theorem for controlling the amplitude of the reception signal.

[0028] In the wireless relay system according to an embodiment of the present invention, the first wireless station, the second wireless station, and the wireless relay apparatus each may include a plurality of antennas, wherein the antennas are used to form a MIMO channel, wherein the relay control part, a pilot signal transmission part, the coupling loop interference wave estimation part, and the coupling loop interference wave cancellation part are employed when executing transmission of MIMO channel signals.

[0029] Furthermore, the present invention provides a wireless relay apparatus for relaying a radio signal transmitted from a first wireless station to a second wireless station, the wireless relay apparatus including: a relay control part for receiving transmission symbols transmitted from the first wireless station and refraining from relaying a portion of the symbols; a pilot signal transmission part for transmitting a pilot signal that is inserted into a section of the portion of the transmission symbols; a coupling loop interference wave estimation part for receiving the pilot signal and estimating a channel impulse response of coupling loop interference wave based on the pilot signal; and a coupling loop interference wave cancellation part for subtracting the estimated coupling loop interference wave from a reception signal.

[0030] Furthermore, a wireless relay method for relaying a radio signal transmitted from a first wireless station to a second wireless station, the wireless relay method comprising the steps of: a) receiving transmission symbols transmitted from the first wireless station; b) refraining from relaying a portion of the symbols; c) transmitting a pilot signal that is inserted into a section of the portion of the transmission symbols; d) receiving the pilot signal; e) estimating a coupling loop interference wave based on the pilot signal; and f) subtracting the estimated coupling loop interference wave from a reception signal.

[0031] Other objects and further features of the present invention will be apparent from the following detailed description when read in conjunction with the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0032] FIG. 1 is drawing showing an exemplary configuration of a wireless relay system including a wireless relay apparatus according to a first embodiment of the present invention;

[0033] FIG. 2 is a drawing showing an exemplary configuration of the wireless relay apparatus shown in FIG. 1;

[0034] FIG. 3A is a drawing showing an exemplary configuration of a conventional transmission apparatus;

[0035] FIG. 3B is a drawing showing an exemplary configuration of a transmission apparatus according to an embodiment of the present invention;

[0036] FIG. 4 is a drawing showing an exemplary configuration of a transmission frame according to a first embodiment of the present invention;

[0037] FIG. 5 is a drawing showing an exemplary configuration of a wireless relay apparatus according to a second embodiment of the present invention;

[0038] FIG. 6 is a drawing showing an exemplary configuration of a transmission frame according to a second embodiment of the present invention;

[0039] FIG. 7 is a drawing showing an exemplary configuration of a wireless relay apparatus according to a third embodiment of the present invention;

[0040] FIG. 8 is a sequence diagram for describing control of insertion of null signals according to a fourth embodiment of the present invention;

[0041] FIG. 9 is a drawing showing an exemplary configuration of a transmission apparatus according to a fourth embodiment of the present invention;

[0042] FIG. 10 is a drawing showing an exemplary configuration of a wireless relay apparatus according to a fifth embodiment of the present invention;

[0043] FIGS. 11A-11F are drawings showing for describing delay operation according to a two symbol delay element according to a fifth embodiment of the present invention;

[0044] FIG. 12 is a drawing showing an exemplary configuration of a conventional multi-point relay transmission system according to an MIMO channel signal transmission method;

[0045] FIG. 13 is a drawing showing an exemplary configuration of a wireless relay apparatus used in an MIMO channel configuration;

[0046] FIG. 14 is a drawing showing an exemplary configuration of a coupling loop interference suppression part of the wireless relay apparatus shown in FIG. 13; and

[0047] FIG. 15 is a drawing showing an exemplary configuration of a conventional wireless relay apparatus.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

[0048] In the following, embodiments of the present invention are described with reference to the accompanying drawings.

First Embodiment

[0049] An example of a wireless relay system according to a first embodiment of the present invention is shown in FIG. 1. In FIG. 1, the wireless relay system includes a transmission apparatus 1, a wireless relay apparatus 2, and a reception apparatus 3.

[0050] The transmission apparatus 1 and the reception apparatus 3 in the first embodiment of the present invention are described below by assuming that the relation between the transmission apparatus 1 and the reception apparatus 3 is a relation of a base station (transmission apparatus 1) and a mobile station (reception apparatus 3).

[0051] The signals received by the reception apparatus 3 include a signal directly received from the transmission apparatus 1 and a signal received via the wireless relay apparatus 2. A signal transmitted from the transmission apparatus 1 is first received in the wireless relay apparatus 2, and is retransmitted to the reception apparatus 3 at the same frequency. Furthermore, the wireless relay system of the first embodiment of the present invention is a system in which signal relay is executed according to a single carrier transmission method or a multicarrier transmission method (e.g. OFDM transmission method).

[0052] FIG. 2 is a drawing showing an exemplary configuration of the wireless relay apparatus 2 shown in FIG. 1.

[0053] In FIG. 2, the wireless relay apparatus 2 includes a reception antenna 11, a reception part 12, a subtractor 13, an FIR filter 14, a coefficient determination part 15, a pilot signal generation part 16, a pilot insertion timing detection part 17, a switch circuit 18, an amplifier 19, and a transmission antenna 20.

[0054] In the transmission apparatus 1 shown in FIG. 1 according to the first embodiment of the present invention, a null signal(s) is inserted into a transmission frame. First, this insertion of the null signal is described with reference to FIGS. 3A, 3B and 4. FIG. 3A is a drawing showing an exemplary configuration of a conventional transmission apparatus, FIG. 3B is a drawing showing an exemplary configuration of a transmission apparatus 1 of the present invention, and FIG. 4 is a drawing showing an exemplary configuration of a transmission frame according to the first embodiment of the present invention.

[0055] As shown in FIG. 3A, the conventional transmission apparatus includes a data symbol generation part 21 for

receiving input of information bits and generating a data symbol, a pilot signal generation part 22 for generating a pilot signal, and a frame generation part 23 for generating a transmission frame. The frame generation part 23 forms the transmission frame by multiplexing the data symbol output from the data symbol generation part 21 and the pilot signal output from the pilot signal generation part 22.

[0056] Meanwhile, although the transmission apparatus 1 according to the first embodiment of the present invention has a basic configuration similar to that of the conventional transmission apparatus, as shown in FIGS. 3A and 3B, the transmission apparatus 1 executes a different frame generation process at a frame generation part 33. That is, the frame generation part 33 according to the first embodiment of the present invention inserts a null signal in a transmission frame, multiplexes the transmission frame with a null signal position signal that includes information regarding the position at which the null signal is inserted, and transmits the transmission frame (See FIG. 3B). The null signal position information includes, for example, the number of null signals, the time of null signals, or the interval of null signal insertion in a frequency direction.

[0057] FIG. 4 is a drawing showing an exemplary configuration of a transmission frame generated by the frame generation part 33 in the above-described manner. As shown in FIG. 4, the frame generation part 33 according to the first embodiment of the present invention inserts m null symbols (illustrated as an outlined white space) (for example, $m=1$) at intervals of N symbols (illustrated as a diagonal line space). A pilot signal is inserted in the section of the null signal by the wireless relay apparatus 2 (described in further detail below).

[0058] Although m null symbols are inserted between each N symbol section in the example of the first embodiment of the present invention, the value of m null symbols may be set in accordance with a desired accuracy for estimating the coupling loop interference wave. For example, in a case where high accuracy is desired for estimating the coupling loop interference wave, m is set with a large value. For example, in a case where m is set as $m>2$, channel estimation accuracy can be heightened by obtaining the average of the channel estimation value obtained from m pilot signals and the estimation value of each channel.

[0059] Furthermore, the value of the m null symbols is required to be set with a fixed value, but may alternatively be a value that is changed adaptively. For example, in a case where estimation accuracy of coupling loop interference wave is poor, bit error rate may increase even if reception power is secured in the reception apparatus 3; therefore, the value of m null symbols may be controlled in accordance with reception power in the reception apparatus 3 and the bit error rate. In this case, the transmission apparatus 1 changes the value of the m null symbols based on information indicative of reception power and bit error rate transmitted from the reception apparatus 3.

[0060] Furthermore, since a coupling loop interference wave is received in the wireless relay apparatus 2 in a case where accuracy for estimating the coupling loop interference wave is poor, decrease in estimation accuracy of the coupling loop interference wave channel can be detected by obtaining a correlation between a reception waveform of a

received signal and a time waveform of a reception signal received in the wireless relay apparatus 2 at a previous predetermined time.

[0061] Meanwhile, although N may be set as the frame size, N can be set in accordance with fluctuation velocity of the coupling loop interference wave of the wireless relay apparatus 2 (fluctuation velocity in a case where fluctuation velocity of the coupling loop interference wave fluctuates in accordance with travel speed of the wireless relay apparatus and the transmission apparatus). For example, in this case, N may be set as $N<(\text{frame size})$, and m null symbols may be inserted in plural portions in a single frame.

[0062] In general, the fluctuation amount of the coupling loop interference wave is indicated by the difference of impulse response of the coupling loop interference wave between a time point t_1 and a time point $t_1+\Delta t$. Therefore, by obtaining a difference of channel estimation value between the current and previous coupling loop interference wave with respect to the impulse signals, and using the squared sums of the obtained values as an index, the fluctuation velocity of the coupling loop interference wave can be estimated.

[0063] Accordingly, by allowing the wireless relay apparatus 2 to detect fluctuation velocity of the coupling loop interference wave and report the detection results to the transmission apparatus 1, the value of N can be adaptively variable in accordance with fluctuation velocity of the coupling loop interference wave.

[0064] Next, operation of the wireless relay apparatus 2 is described with reference to FIG. 2. The wireless relay apparatus 2 receives a relay signal transmitted from the transmission apparatus 1 at the reception part 12 via the reception antenna 11. The relay signal received at the reception part 12 is input to the pilot insertion timing detection part 17. The pilot insertion timing detection part 17 extracts the null signal position signal from the input relay signal and detects the insertion position of the null signal. The pilot insertion timing detection part 17 transmits the pilot signal generated at the pilot signal generation part 16 instead of a reception signal during the period where the null signal is inserted. In order to do so, the pilot insertion timing detection part 17 connects point c and b in the switch circuit 18 in the insertion section of the null signal.

[0065] A pilot signal is generated in the pilot signal generation part 16. The generated pilot signal is inserted within the period of the null signal and is input to the amplifier 19. Then, the amplifier 19 amplifies the pilot signal to a desired electric power value, and transmits the pilot signal via the transmission antenna 20.

[0066] Furthermore, at the same time of executing the above-described operation, the coefficient determination part 15 estimates the channel of the coupling loop interference wave (transmission path characteristic) that fluctuates in accordance with, for example, changes in the surrounding environment, by referring to the reception signal corresponding to the pilot signal, and determines the coefficient of the FIR filter indicating said channel, that is, the filter coefficient that can cancel the coupling loop interference wave. That is, the FIR filter 14 is set with a coefficient so that the transfer function thereof is the same as that of the coupling loop interference wave.

[0067] The subtractor 13 subtracts the coupling loop interference wave (replica of the coupling loop interference wave) generated by the FIR filter 14 from the reception signal, thereby canceling the coupling loop interference. Then, a switch junction b of the switch circuit 18 is switched on. The reception signal having the replica subtracted therefrom is input to the amplifier 19, is amplified to a desired power level, and is transmitted to the transmission antenna 20.

[0068] Since the wireless relay apparatus 2 according to the first embodiment of the present invention transmits a pilot signal at the section in which the null signal is inserted, and at the same time, estimates the channel of the coupling loop interference wave in accordance with the reception signal corresponding to the pilot signal, the wireless relay apparatus 2 is able to estimate the coupling loop interference wave without interrupting communications between the transmission apparatus 1 and the reception apparatus 3.

[0069] Furthermore, since the wireless relay apparatus 2 cancels the coupling loop interference wave by generating a pseudo coupling loop interference wave with the FIR filter 14 in accordance with the estimated coupling loop interference wave and subtracting the output of the FIR filter 14 (output pseudo coupling loop interference wave) from a signal received by the wireless relay apparatus 2 with the subtractor 13, the wireless relay apparatus 2 can prevent oscillation due to the coupling loop interference wave with high accuracy. Accordingly, increases in bit error rate of the relay signal can be prevented, and reception quality of the relay signal can be enhanced.

[0070] It is to be noted that, since the signals prior to the first null symbol cannot be subjected to cancellation of the coupling loop interference wave, the signals may be excluded from being relayed and may be used to serve as a preliminary notification to the wireless relay apparatus 2

Second Embodiment

[0071] In a system executing OFDM communication, all transmission signals in a predetermined time do not need to be inserted with null signals, but alternatively, a symbol(s), which only forms a part of a sub-carrier, may be made into a null signal(s).

[0072] FIG. 5 is a drawing showing an exemplary configuration of a wireless relay apparatus according to a second embodiment of the present invention. FIG. 6 is a drawing showing an exemplary configuration of a transmission frame generated by a transmission frame generation part of a transmission apparatus according to the second embodiment of the present invention.

[0073] The wireless relay apparatus shown in FIG. 5 has a configuration similar to that of the wireless relay apparatus 2 according to the first embodiment of the present invention shown in FIG. 2, but is also provided with an FFT part 51 for performing an FFT process on a reception signal(s), and an IFFT part 59 for performing an IFFT process on a transmission signal(s). The parts, which suppress loop interference, are provided to each of the sub-carriers 50₁-50_n. Here, points that are different from the first embodiment of the present invention are described in detail.

[0074] In FIG. 5, the IFFT part 59 performs IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) on plural symbol data and trans-

forms the symbol data into time domain signals (OFDM transmission signals). Meanwhile, the FFT part 51 performs FFT (Fast Fourier Transform) on reception signals and transforms the reception signals into frequency domain signals (OFDM reception signals).

[0075] Next, a configuration of a transmission frame according to the second embodiment of the present invention is described with reference to FIG. 6. FIG. 6 illustrates OFDM signals, before being subjected to the IFFT process, which are arranged in time and frequency domain. In FIG. 6, vertical axis shows frequency and vertical axis shows time. In FIG. 6, the diagonal line spaces represent data or pilot symbols, and the outlined white spaces represent null symbols.

[0076] Here, the frequency interval of the sub-carriers is determined in accordance with, for example, a formula described below;

$$\text{ceil} \{ (\text{sub-carrier number}) / (\text{GI point number}) \},$$

[0077] wherein "ceil (x)" represents a numeric function that returns a least integer greater than x, and "GI" represents guard interval.

[0078] In a case where the values of channel estimations in an interval of $\text{ceil} \{ (\text{subcarrier number}) / (\text{GI point number}) \}$ are obtained, it is ideal to estimate the channels of all sub-carriers by interpolating these values. However, since channel estimation accuracy may deteriorate depending on the interpolation method, null signals may be suitably inserted in a shorter frequency interval.

[0079] Since null signals are included only in a portion of the symbols of the sub-carriers, the present invention can decrease the loss of throughput due to the null symbol insertion. Accordingly, such a system can attain the same advantages as those of the first embodiment of the present invention.

Third Embodiment

[0080] Although the second embodiment of the present invention is described supposing the same power amplification factor is allocated against all subcarriers, in a case where OFDM transmission is employed, a wireless relay apparatus according to a third embodiment of the present invention changes the electric power amplification factor of each sub-carrier for attaining a more satisfactory communications quality. That is, the wireless relay apparatus according to the third embodiment of the present invention has a function of controlling the electric power amplification factor of each sub-carrier.

[0081] As shown in FIG. 7, the wireless relay apparatus according to the third embodiment of the present invention has a configuration similar to that of the wireless relay apparatus 2 according to the second embodiment of the present invention shown in FIG. 5, but is also provided with a transmission apparatus insertion pilot signal generation part 62 which generates the same pilot signals inserted by the transmission apparatus, a channel estimation part 63, a power control amount determination part 64, and a multiplier 69 for multiplying the power control amount determined in the power control amount determination part 64 and a reception signal(s). Next, points that are different from the second embodiment of the present invention shown in FIG. 5 are described in detail.

[0082] In FIG. 7, first, a pilot signal(s) inserted in the transmission apparatus is generated in the transmission apparatus insertion pilot signal generation part 62. The channel estimation part 63 estimates the channel between the transmission apparatus and the wireless relay apparatus in accordance with the reception signal corresponding to the pilot signal, and outputs the estimation result to the power control amount determination part 64. The power control amount determination part 64 determines the amount of power to be provided for each sub-carrier based on the state of the channel of each sub-carrier obtained from the channel estimation part 63. In determining the power control amount, a water filling theorem, for example, may be employed for obtaining a suitable result. The power control amount in a case of employing the water filling theorem can be expressed with the formula shown below.

$$\text{Power control amount} = (\text{reception power of each sub-carrier}) \cdot 0.5 \times (\text{constant})$$

[0083] Here, the constant is a value determined by a condition of making the relay gain in all bands constant. Furthermore, such value may be controlled by a feedback signal that is transmitted from a reception apparatus based on the reception quality of the reception apparatus.

[0084] The power control amount determined by the above-described formula is multiplied by a reception signal at the multiplier 69 and is input to an amplifier 71. Subsequent operations are the same as those described above in the foregoing embodiments.

[0085] In the system executing OFDM communication according to the third embodiment of the present invention, reception quality for receiving relay signals can be enhanced at the reception side since the power amplification factor of the wireless relay apparatus is changed for each sub-carrier.

Fourth Embodiment

[0086] In each of the above-described embodiments of the present invention, the transmission apparatus constantly inserts null signals into the transmission frame even when relay is not executed constantly by the wireless relay apparatus. Nevertheless, the present invention is not limited to such embodiments; alternatively, null signals may be inserted according to necessity.

[0087] For example, as shown in a sequence diagram in FIG. 8, in a case where a reception apparatus A is unable to receive a control signal from a transmission apparatus ((a) in FIG. 8), the reception apparatus A transmits a predetermined relay request signal to a wireless relay apparatus ((b) in FIG. 8). Furthermore, before the reception apparatus A commences communication ((d) in FIG. 8), the reception apparatus A informs the transmission apparatus that the communication which is going to be commenced will be executed via the wireless relay apparatus by using a control signal ((c) in FIG. 8). By doing so, the transmission apparatus is able to know that the reception apparatus A requests relay via the wireless relay apparatus.

[0088] Meanwhile, the reception apparatus B does not transmit the above-described relay request signal since the reception apparatus B is able to receive a control signal from the transmission apparatus ((a') in FIG. 8). The transmission apparatus is able to know that the reception apparatus B has not requested relay via the wireless relay apparatus since no signal corresponding to (c) is received.

[0089] The transmission apparatus stores information whether or not terminal requires relay (for example, using a table) ((e) in FIG. 8). The transmission apparatus transmits a transmission frame being inserted with null signals ((f), (g) in FIG. 8) to a reception apparatus that is requesting communication via a wireless relay apparatus (in this example, reception apparatus A). The transmission apparatus transmits a transmission frame without insertion of null signals ((h) in FIG. 8) to a reception apparatus that is directly communicating with the transmission apparatus (in this example, reception apparatus B).

[0090] Accordingly, loss of throughput due to insertion of null signals can be prevented with respect to the reception apparatus that does not communicate via the wireless relay apparatus.

[0091] The fourth embodiment of the present invention also requires to constantly insert null signals into the relay frame of the control signal, or to employ another method or part for canceling coupling loop interference.

[0092] FIG. 9 is a drawing showing an exemplary configuration of a transmission apparatus according to the fourth embodiment of the present invention. The transmission apparatus according to the fourth embodiment of the present invention has a configuration which is basically the same as that of the transmission apparatus shown in FIG. 3, except that a frame generation rule determination part 77 is added. The frame generation rule determination part 77 has a function of determining whether null signals are inserted.

[0093] The frame generation rule determination part 77, as shown in the sequence diagram in FIG. 8, monitors relay request signals from each reception apparatus (here, the signals are referred to as feedback signals from the reception apparatus), determines whether null signals are inserted with respect to each of the reception apparatuses using, for example, a table. Furthermore, the frame generation rule determination part 77 outputs the determination results to a frame generation part 78 at a predetermined timing. In accordance with the determination results output from the frame generation rule determination part 77, the frame generation part 78 controls insertion of null signals into the transmission frame.

[0094] According to the fourth embodiment of the present invention, overhead due to insertion of null signals can be reduced for a reception apparatus that does not communicate via a wireless relay apparatus; thereby the throughput of the reception apparatus can be enhanced.

Fifth Embodiment

[0095] FIG. 10 is a drawing showing an exemplary configuration of a wireless relay apparatus according to a fifth embodiment of the present invention.

[0096] In FIG. 10, the wireless relay apparatus includes a reception antenna 81, a reception part 82, a two symbol delay element 83, a subtractor 84, an FIR filter 85, a coefficient determination part 86, a pilot signal generation part 87, a pilot insertion timing detection part 88, a switch circuit 89, and an amplifier 90.

[0097] Here, the fifth embodiment of the present invention is different from the foregoing embodiments in that the two symbol delay element 83 is included. A delay operation of

the two symbol delay element **83** is described with reference to **FIGS. 11A-11F**. In **FIGS. 11A-11F**, letter D indicates a delay element (Delay Line). Since the fifth embodiment of the present invention employs the two symbol delay element **83**, letter D is serially allocated in two steps.

[0098] **FIG. 11A** shows an initial state prior to inputting symbols to the two symbol delay element **83**. First, a reception of a first symbol in a forthcoming timing (**FIG. 11B**) triggers a delay of two symbols for the symbols input in the two symbol delay element **83**. After the two symbol delay of the symbols in the two symbol delay element **83**, a pilot signal (letter P) generated in a pilot signal generation part **87** is transmitted in a timing of receiving a second symbol (**FIG. 11C**).

[0099] By transmitting the pilot signal, the wireless relay apparatus receives a reception signal corresponding to the pilot signal in a timing of receiving the second symbol (in this case, the second symbol is a null signal). While a third symbol is being received in a reception part **82** of the wireless relay apparatus, a coefficient determination part **86** of the wireless relay apparatus estimates the channel of the coupling loop interference wave in accordance with the reception signal and the pilot signal, determines the coefficient of the FIR filter **85**, and sets a coefficient capable of canceling the coupling loop interference wave, to an FIR filter **85** (**FIG. 11D**). In the timing for transmitting the second symbol, a coupling loop interference wave of the first symbol added to the reception signal of the third symbol is cancelled (**FIG. 11E**). Then, the third symbol is transmitted in a forthcoming timing (**FIG. 11F**).

[0100] The fifth embodiment of the present invention is effective in a case where no or very weak direct waves are transmitted from the transmission apparatus to the reception apparatus, and is also effective in a case where it is allowed a large process delay of the wireless relay apparatus, since digital signal processing is also executed in the wireless relay apparatus.

Sixth Embodiment

[0101] A sixth embodiment of the present invention is a case where MIMO (Multiple Input Multiple Output) channel signal transmission is applied to the wireless relay apparatus of the present invention. MIMO channel signal transmission is a signal transmission method in which multiple information sequences are wirelessly transmitted in the same frequency band by a transmission apparatus, and radio signals on the same frequency band are received and separated into respective information sequences by a reception apparatus.

[0102] First, an operation of a conventional MIMO channel signal transmission method is described. **FIG. 12** is a drawing showing an exemplary configuration of a multi-point relay transmission system according to the conventional MIMO channel signal transmission method.

[0103] In the multi-point relay transmission system shown in **FIG. 12**, a transmission apparatus **100** transmits M number (M being an integer which is not less than 2) of information sequences S_1, \dots, S_M from its transmission antennas As_1, \dots, As_M in the form of vertical polarized plane wave radio signals of the same frequency band. L number (L being an integer which is not less than 1) of wireless relay apparatuses **110**₁, \dots , **110**_L receive M radio

signals and temporarily store the radio signals. Then, when the transmission apparatus **100** stops transmission after a transmission amounting to a single message or a single burst is completed, the stored radio signals are amplified and transmitted to a reception apparatus **120** in the form of vertical polarized plane wave radio signals. A reception apparatus **120** receives the radio signals at its N number (N being an integer which is not less than M) of linearly polarized wave reception antennas Ar_1, \dots, Ar_N and separates the received signals to M information sequences S_1, \dots, S_M by applying a MIMO equalization process thereto.

[0104] **FIG. 13** is a drawing showing an exemplary configuration of a wireless relay apparatus used for the above-described MIMO channel configuration. The wireless relay apparatus according to the sixth embodiment of the present invention may include a different polarization plane wave relay function.

[0105] The wireless relay apparatus shown in **FIG. 13** includes: U number (U being an integer which is not less than 1) of first polarization reception antennas; V number (V being an integer which is not less than 1) of second polarization reception antennas having an orthogonal polarization characteristic to that of the first reception reception antenna; U second polarization transmission antennas having an orthogonal polarization characteristic to that of the first polarization reception antenna; and V first polarization transmission apparatuses having a polarization characteristic orthogonalized to that of the second polarization reception antenna.

[0106] The example shown in **FIG. 13** is a case where $U=V=1$. In **FIG. 13**, the two antennas having polarization characteristics orthogonalized to each other are shown in a manner where one is illustrated as a triangle having its apex facing downward (inverted triangle) and the other is illustrated as a triangle having its apex facing upward.

[0107] The wireless relay apparatus in **FIG. 13** includes a first polarization reception antenna **150**₁ and a second polarization reception antenna **150**₂. The radio signals received in the first and second polarization reception antennas **150**₁ and **150**₂ are suppressed in coupling loop interference suppression parts **154**₁ and **154**₂, and are supplied to amplifiers **153**₁ and **153**₂. The radio signals amplified by amplifiers **153**₁ and **153**₂ are transmitted from the first and second polarization transmission antennas **151**₁ and **151**₂.

[0108] In a case where the present invention is applied to the wireless relay apparatus including a different polarization plane wave relay function, the coupling loop interference suppression parts **154**₁ and **154**₂ may have a configuration similar to the configuration of the wireless relay apparatus shown in **FIG. 2** (however, excluding the amplifier **19**). Accordingly, in a case of executing relay with the same frequency, oscillation due to coupling loop interference can be prevented with more accuracy and multiple radio signals with the same frequency with orthogonalized polarization can simultaneously be relayed and amplified with a relatively high gain.

[0109] **FIG. 14** is another embodiment where MIMO channel signal transmission is applied to the wireless relay apparatus of the present invention.

[0110] In this embodiment, when the reception radio signal of the second polarization reception antenna **150**₂ is

transmitted from the first polarization transmission apparatus **151₂** and is received at the first polarization reception antenna **150₁** as a coupling loop interference signal, the coupling loop interference signal is suppressed. That is, when a coupling loop signal enters the closed loop, the coupling loop signal is suppressed before passing through the amplifier. Accordingly, the transmission channel characteristic (also referred to as impulse response, channel characteristic) of a coupling loop interference transmission channel **170**, through which the coupling loop interference signal is transmitted from the first polarization transmission antenna **151₂** to the first polarization reception antenna **150₁**, is estimated by a coupling loop interference channel estimation part **180₁**.

[0111] The characteristic of the coupling loop interference transmission channel **170**, which is estimated by the coupling loop interference channel estimation part **180₁**, is convoluted in an FIR filter **182₁** with respect to the signal received in the second polarization reception antenna **150₂** (in this example, the signal input to the amplifier **153₂**), to thereby generate a replica of the coupling loop interference signal of the coupling loop interference transmission channel **170**. The replica of the coupling loop interference signal is subtracted from the reception radio signal of the first polarization reception antenna **150₁** by a subtractor part **183₁**. The signal output from the subtractor part **183₁** is input to the amplifier **153₁**.

[0112] Accordingly, from the reception radio signal of the first polarization reception antenna **150₁**, the reception radio signal of the second polarization reception antenna **150₂**, which is transmitted to first polarization reception antenna **150₁** via the coupling loop interference transmission channel **170** as the coupling loop interference signal, is suppressed by the coupling loop interference signal replica from the FIR filter **182₁**. That is, coupling loop interference signal is suppressed before the reception radio signal of the second polarization reception antenna **150₂** is input to the closed loop, thereby preventing the coupling loop interference signal from being amplified by the amplifier and noise from being created.

[0113] Accordingly, by applying the present invention to a system executing MIMO channel signal transmission, oscillation due to coupling loop interference waves can be prevented with high accuracy and channel capacity between the transmission apparatus and the reception apparatus can be increased with the MIMO channel configuration.

[0114] Further, the present invention is not limited to these embodiments, but variations and modifications may be made without departing from the scope of the present invention.

[0115] The present application is based on Japanese Priority Application No. 2004-0427 filed on Feb. 19, 2004, with the Japanese Patent Office, the entire contents of which are hereby incorporated by reference.

What is claimed is:

1. A wireless relay system for relaying a radio signal transmitted from a first wireless station to a second wireless station via a wireless relay apparatus, the wireless relay system comprising:

a relay control part for receiving transmission symbols transmitted from the first wireless station and refraining from relaying a portion of the symbols;

a pilot signal transmission part for transmitting a pilot signal that is inserted into a section of the portion of the transmission symbols;

a coupling loop interference wave estimation part for receiving the pilot signal and estimating a coupling loop interference wave based on the pilot signal; and

a coupling loop interference wave cancellation part for subtracting the estimated coupling loop interference wave from a reception signal.

2. The wireless relay system as claimed in claim 1, wherein the first wireless station includes a control signal transmission part for transmitting a control signal that is included in the transmission symbols transmitted to the wireless relay apparatus, wherein the wireless relay apparatus includes a relay refrain control part for refraining from relaying the radio signals in a section of the control signal.

3. The wireless relay system as claimed in claim 2, wherein the control signal transmission part includes a frame generation part for generating a frame of the transmission symbols with a null symbol inserted therein, wherein the relay refraining control part includes a relay refraining part for refraining relay of signals in a section where the null signal is inserted.

4. The wireless relay system as claimed in claim 1, wherein the wireless relay apparatus includes a delay part for delaying the relay of the transmission symbols to an extent of N symbols, wherein N represents an integer which is not less than 1.

5. The wireless relay system as claimed in claim 1, wherein in a case of relaying a signal by using an OFDM transmission method,

the wireless relay apparatus includes an IFFT part for performing an IFFT process to generate the transmission signal, and an FFT part for performing an FFT process on the reception signal, and

the first wireless station includes an OFDM frame generation part for inserting a null signal into a portion of a time/frequency domain and generating a frame that is to be transmitted to the wireless relay apparatus.

6. The wireless relay system as claimed in claim 5, wherein the OFDM frame generation part calculates a sub-carrier interval for inserting the null signal in accordance with a formula of $\text{ceil} \{ (\text{FFT point value}) / (\text{GI point value}) \}$, wherein "ceil (x)" represents a numeric function that returns a least integer greater than x, "FFT" represents Fast Fourier Transform and "GI" represents guard interval.

7. The wireless relay system as claimed in claim 5, wherein the wireless relay apparatus includes a channel estimation part for receiving the pilot signal and estimating a channel in accordance with the received pilot signal, and a signal amplitude control part for controlling an amplitude of the reception signal based on a result of the channel estimation by the channel estimation part.

8. The wireless relay system as claimed in claim 7, wherein the signal amplitude control part employs a water filling theorem for controlling the amplitude of the reception signal.

9. The wireless relay system as claimed in claim 1, wherein the first wireless station, the second wireless station, and the wireless relay apparatus each includes a plurality of antennas, wherein the antennas are used to form a MIMO

channel, wherein the relay control part, a pilot signal transmission part, the coupling loop interference wave estimation part, and the coupling loop interference wave cancellation part are employed when executing transmission of MIMO channel signals.

10. A wireless relay apparatus for relaying a radio signal transmitted from a first wireless station to a second wireless station, the wireless relay apparatus comprising:

- a relay control part for receiving transmission symbols transmitted from the first wireless station and refraining from relaying a portion of the symbols;
- a pilot signal transmission part for transmitting a pilot signal that is inserted into a section of the portion of the transmission symbols;
- a coupling loop interference wave estimation part for receiving the pilot signal and estimating a channel impulse response of coupling loop interference wave based on the pilot signal; and

a coupling loop interference wave cancellation part for subtracting the estimated coupling loop interference wave from a reception signal.

11. A wireless relay method for relaying a radio signal transmitted from a first wireless station to a second wireless station, the wireless relay method comprising the steps of:

- a) receiving transmission symbols transmitted from the first wireless station;
- b) refraining from relaying a portion of the symbols;
- c) transmitting a pilot signal that is inserted into a section of the portion of the transmission symbols;
- d) receiving the pilot signal;
- e) estimating a coupling loop interference wave based on the pilot signal; and
- f) subtracting the estimated coupling loop interference wave from a reception signal.

* * * * *